



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Linda Ajaots

**ALFA JA BEETA MÕRUHAPETE SISALDUS
LOODUSLIKULT KASVAVAS HUMALAS JA HUMALA
KULTUURSORTIDES
THE CONTENT OF ALPHA AND BETA ACIDS IN WILD AND
CULTIVATED HOPS**

Magistritöö
Aianduse õppekava

Juhendajad: Ave Kikas, vanemteadur
Hedi Kaldmäe, peaspetsialist

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 5101		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Linda Ajaots		Õppekava: Aiandus	
Pealkiri: Alfa ja beeta mõruhapete sisaldus looduslikult kasvavas humalas ja humala kultuursortides			
Lehekülgi: 46	Jooniseid: 16	Tabeleid: 17	Lisasid: 2
Osakond: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: B290, B390, B191 Juhendajad: Ave Kikas, Hedi Kaldmäe Kaitsmiskoht ja -aasta : Tartu 2019			
Humala kultuursortide kasvatamine on Eestis vähe levinud. Seetõttu napib tootjatel humala kasvatamiseks kogemusi ja andmeid. Samuti on teadmata Eestis looduslikult kasvava humala sobivus õlletööstuses kasutamiseks. Lähtuvalt eelnevatest uuringutest püstitati hüpotees, et kasvukoht ja genotüüp mõjutavad α ja β mõruhapete sisaldust humala kábides. Magistritöö eesmärk on selgitada Eestis looduslikult kasvava humala sobilikkust õlle tootmiseks α ja β mõruhapete sisalduse poolest. Uurimistöö viidi läbi Eesti loodusest kogutud humala kábidega. Võrdluseks kasutati kultuursorte 'Pioneer', 'Cascade' ja 'First gold', mis pärinesid katmikalalt Šotimaalt ja avamaalt Inglismaalt. Analüüsid viidi läbi Eesti Maaülikooli Polli Aiandusuuringute Keskuse laboratooriumis.			
Märksõnad: Humal, α ja β mõruhapped, humala kasvatamine Eestis, looduslikult kogutud humal, humala kultuursordid, humala istanduse rajamine			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Master's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 5101			
Author: Linda Ajaots		Curriculum: Horticulture	
Title: The content of alpha and beta acids in wild and cultivated hops			
Pages: 46	Figures: 16	Tables: 17	Appendixes: 2
Department / Chair: Institute of Agricultural and Environmental Sciences			
Field of research and (CERC S) code: B290, B390, B191			
Supervisors: Ave Kikas, Hedi Kaldmäe			
Place and date: Tartu 2019			
<p>Growing hops is not common in Estonia. Growers have limited experience and information on growing, processing and evaluating the crop. In addition, Estonian wild hops and its suitability for brewing has not been studied. Based on previous studies, the hypotheses was posed that the environment and genotype influence alpha and beta acids content in hop cones. The aim of the master thesis study was to compare alpha and beta acids content in Estonian wild hops with cultivated ones and evaluate is suitability for brewing. Wild hops cones were collected from four locations in Estonia, for comparison the cultivated hops 'Pioneer', 'Cascade', and 'First gold' from tunnels in Scotland and open fields in England were used. The hops were analyzed at the Polli Horticultural Research Center of the Estonian University of Life Sciences.</p>			
Keywords: Hops, α and β acids, growing hops in Estonia, wild hops, cultivated hops, hop field establishment			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. HUMAL	6
1.1. Humala botaaniline iseloomustus	6
1.2. Humala kvaliteedi hindamine ja tähtsus õllepruulimisel	11
1.3. Biokeemiline koostis ja seda mõjutavad tegurid	14
2. KASVATAMINE	18
2.1. Nõuded kasvutingimuste suhtes	18
2.2. Kasvatustehnoloogilised võimalused ja istanduse rajamine	20
2.3. Haigused ja kahjurid	23
3. EESTIS LOODUSLIKULT KASVAVA HUMALA VÕRDLEMINE VALITUD KULTUURSORTIDEGA	25
3.1. Metoodika.....	25
3.1.1. Taimne materjal.....	25
3.1.2. Analüüsimetoodika	29
3.1. Tulemused ja arutelu	30
KOKKUVÕTE	36
KASUTATUD KIRJANDUS	38
LISAD	43
Lisa 1. Kalevala Ruun XX The brewing of beer	43
Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	46

SISSEJUHATUS

Humal leiab kasutust kõige rohkem õlletööstuses. Ligikaudu 98% humala toodangust kasutatakse ale ja laager jookide valmistamiseks (Carter jt, 1990). Nendes jookides kasutatakse humala emastaimede õisikuid ehk käbisid. Lisaks õlletööstusele kasutatakse humalat majanduslikul eesmärgil meditsiinis, farmaatsias, salatites, leiva tegemiseks, iluaianduses, kiuna ja söödana. Humala soomuseline lehtedest koosnev käbi toodab vaigurikast lupuliini, millel on meeldiv lõhn ja mõru maitse. Lupuliini näärmetes sisalduvast vedelikust tekib kääritatud jookidele aroom ja maitse.

Õllele iseloomulik mõrkjas maitse on tarbijate jaoks oluline maitse karakteristik. Õlle maitse edasi andmiseks lisavad õllepruulijad virdele humalat ja keedavad kuni poolteist tundi. Selle protsessi käigus saadakse humala käbide lupuliinis sisalduvate α -mõruhapete ja β -mõruhapete toimele õlle mõrudus. Need koostisosad annavad õllele pikaajalise, tugeva ja püsiva maitse. Tänapäeval kasvatatakse humalat monokultuurina. Valitud on optimaalse kasvu ja stabiilse saagikusega sordid. Kasutatakse madalat või kõrget toetussüsteemi.

Uurimistöö eesmärk on selgitada, kas looduses kasvav humal on sobilik õlle tootmiseks α ja β mõruhapete sisalduse poolest. Püstitatud uurimisküsimused on, kas Eesti loodusest kogutud humala kvaliteet vastab õlletootjate ootustele? Kas ja milliseid kultuursorte võiks Eestis kasvatada? Hüpotees on, et kasvukoht ja genotüüp mõjutavad α ja β mõruhapete sisaldust humala käbides.

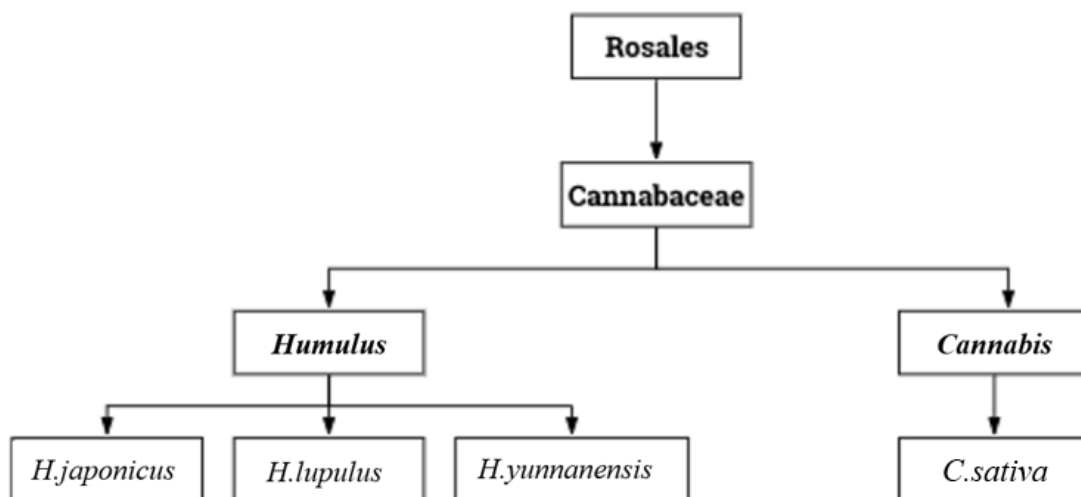
Käesolevas töös on kolm osa, millest esimene kirjeldab humala bioloogilisi omadusi, sisaldades botaanikat, tähtsust õllepruulimisel ja väärtuse hindamist. Teises osas käsitletakse nõudeid kasvutingimuste suhtes, kasvatustehnilisi võimalusi ja istanduse rajamist. Kolmandas osas analüüsitakse Eestis looduslikult kasvava humala mõruhapete sisaldust võrreldes valitud kultuursortidega.

Tahaksin öelda siirad tänusõnad Sandra Gordonile James Hutton Instituudist, Eestis tegutsevatele õllepruulijatele ja humala kasvatajatele. Samuti tahaksin tänada ja väljendada lugupidamist selle magistritöö valmimisele kaasa aidanud juhendajatele Hedi Kaldmäele ja Ave Kikasele.

1. HUMAL

1.1. Humala botaaniline iseloomustus

Humal (*Humulus lupulus* L.) kuulub botaaniliselt kanepiliste *Cannabaceae* sugukonda ja humalate (*Humulus*) perekonda (joonis 1).



Joonis 1. Humala klassifikatsioon. (Almaguer jt, 2014)

Perekond koosneb kanepi *Cannabis*, humala *Humulus* ja lisaks veel kaheksast *Celtidaceae* perekonnast: *Celtis*, *Pteroceltis*, *Aphananthe*, *Chaetachme*, *Gironniera*, *Lozanella*, *Trema*, ja *Parasponia* (McPartland, 2018). Humala liik jaotub Small, 1978 andmetel järgnevateks alamliikideks:

Humulus lupulus var. *Lupulus* L. On levinud Euroopas, Ameerikas ja mujal maailmas ning kasutatakse pruulimisel, haljastuses ja maitsetaimena. Võrreldes teiste alamliikidega erineb pehmete karvakeste vähesuse poolest. Pehmed karvakesed esinevad vartel, lehevarresõlmedel. Lehevarsi on vähem ja need on lühemad. Kasutatakse tootmises.

Humulus lupulus var. *Pubescens* E.Small on levinud Ameerika kesk-lääne piirkonnas ja on äratuntav väikeste pehmete karvakeste järgi leherootsude vahel. *H.l.* var *cordifolius* eristub teistest alamliikidest selle poolest, et tal on vähem lehevarsi, küll aga esinevad pehmed karvakesed leherootsude vahel.

Humulus lupulus var. *Neomexicanus* A. Nelson ja Cockerell on levinud Ameerika lääne piirkonnas sarnaselt alamliigile *H.l.* var *Pubescens* ja mõlema lehe pind kaetud pehmete karvakestega. *H.l.* var *Neomexicanus* lehesagarad on sügavamad ja lehesagaraid on rohkem. *H.l.* var. *Neomexicanus* on kõige rohkem sarnanealamliigiga *H.l.* var *cordifolius*.

Humulus lupulus var. *Lupuloides* E. Small Põhja-Ameerika kesk ja ida piirkond. Vähem lehesagaraid ja ei ole pehmeid karvakesi leherootsude vahel.

Humulus lupulus var. *Cordifolius* (Miguel) Maximowicz on levinud Aasias, peamiselt Jaapanis ja lehesõlmed on pehmete karvakestega. Eristub teistest alamliikidest eelkõige pikkade ebäühtlase asetusega lehevarte poolest.

Ladina keelne perekonnanimi *Humulus* on tuletatud omadussõnast *humidus* (e.k. niiske) või nimisõnast *humidum* (e.k. niiske koht). Mõlemad viitavad humala taime niiskuse vajadusele. Vanas Kreekas tunti humalat nimega *agrimon klema* (metsikult kasvav) (Mätlik, 1943). Linnaeus, 1753 andmetel viitab *humulus* humala niiskuse vajadusele ja omadusele mööda maad roomata, kui taim ei ole toestatud. Liigi nimetus *lupulus* on tuletatud taime vanaaegsest ladina keelsest nimest *lupulus salictarius*, mis tähendab tõlkes „pajuhunt“ (Gledhill, 2002). Selline vanaaegsest ladina keelest pärinev nimi esindab Mätliku (1943) andmetel, taime omadust kinnitada võsastikus teiste taimede vartele ja sealjuures neid kägistada.

Esimesed andmed humala kasvatamise kohta pärinevad 736 a.p.Kr, sest on teada, et Karl Suure isa Pipin Lühike kinkis 768. aastal St. Denisi kloostri (Pariisi läheduses) ühe humalaia (Mätlik, 1943; DeLyser ja Kasper, 1994; Wilson, 1975). Mätliku (1943) andmetel olid esimesed õllepruulijad vanad egiptlased, kreeklased ja roomlased. Carter jt, 1990 andmetel kasutati metsikult kasvavat humalat Saksamaal antibakteriaalsel eesmärgil sadu aastaid enne kultuurhumala kasvatamise levikut. Enne kultuursortide kasvatamist korjati humalat looduslikest kasvukohtadest. Neid kohti nimetati *Humlonarias*, mis tähendab metsiku humala kohta või kohta, kus on võimalik humalat korjata. See nimetus ei viita otseselt humala aiale ega istandusele (DeLyser ja Kasper, 1994; Wilson, 1975). *Humlonaria* on humala looduslik kasvukoht, milleks võib olla madalsoo ja märgala leppade ja tammedega (Wilson, 1975).

Humalal on oluline roll folklooris, kirjanduses ja kultuuris. Samuti ravimtaime ja maitsetaimena (Garibaldi ja Turner, 2004). Järgnevalt näide Kalevalast, Ruun XX Ilmarise ja Louhi tütre pulmaettevalmistuste käigus tehakse õlut:

“Hop-vine was the son of Remu,
Small the seed in earth was planted,
Cultivated in the loose soil,
Scattered like the evil serpents
On the brink of Kalew-waters,
On the Osmo-fields and borders.
There the young plant grew and flourished,
There arose the climbing hop-vine,
Clinging to the rocks and alders.” (Crawford, 1888).

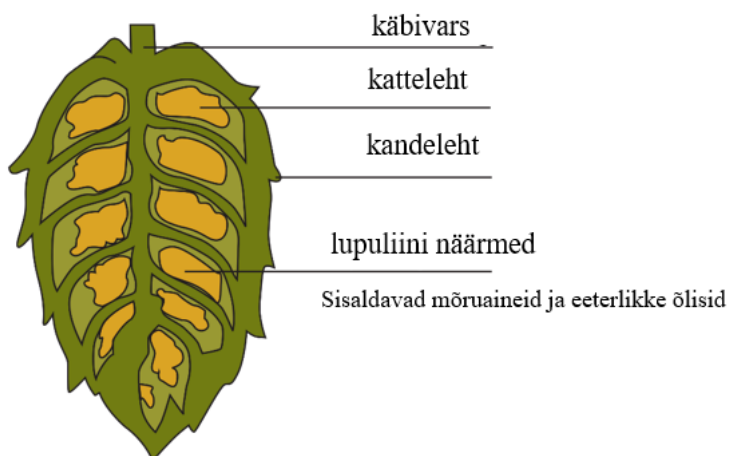
Sellised tüvitekstides esinevad taimed kuuluvad maailmapärandi nimekirja (Garibaldi ja Turner, 2004). Vaatamata humala tuntusele väga vanadest aegadest, ei kasutanud esimesed pruulid humalat. Esialgselt kasutati humalat köögiviljana aspari aseaineks. Õllepruulimisel hakati humalat kasutama suurel rahvaste rändamise ajastul, 5. sajandil.

Humal on mitmeaastane taim, mille juurestik võib kasvada kuni 50 aastat ja ulatuda 1 m sügavusele (Koetter ja Biendl, 2010). Varred võivad kasvada kuni 1 cm jämeduseks ja 7 m pikaks. Ronimist lihtsustavad kaheharulised haakjad ronikarvad. Humala varred väänduvad suvalise toe ümber päripäeva. Maapealsed osad kolletuvad sügisel ja ei ela talve üle. Lehed on vastakud ja pikkade rootsudega. Ülemised lehed on ümarad ja alumised on kolme- või viiehoimalised. (Raal jt, 2018; Haunold jt, 1993) Humal on kahekojaline käbitoaliste õisikutega taim (joonis 2). Isasõisikud on pikad ja hõredad, emastaime õisikud pikenevad õitsemise ajal kuni nelja sentimeetrini ja meenutavad hõredat kuuse käbi. (Zanoli ja Zavetti, 2008)



Joonis 2. Humala isas- ja emasõisik. Barth Haas Grupp

Emastaimede käbisid kasutatakse õllepruulimisel, sest nendes esineb lupuliini. Lupuliin on humala käbis olev komponent, mis teeb selle taimetõõstustes asendamatuks. Isastaimi kasutatakse tolmeldamisel seemnete saamiseks. Tolmlemine ei ole humalakasvatuse juures soovitatav, sest viljastunud õisikutes on lupuliini sisaldus madal (Moir, 2000). Lupuliin asub väikestes pähkitaolistes peekriketes käbisoomuste vahel, kandlehtedel (joonis 3). (Raal jt, 2018)



Joonis 3. Humalakbi. Olšovska jt (2016)

Humala looduslik levila on Euroopas, Aasias ja Põhja-Ameerikas 35 ja 55 põhja laiuse ja 45 ja 55 lõuna laiuse vahel. 2018. aastal on lisaks nimetatud piirkondadele humal levinud ka

okeaania riikides (tabel 1). Eestis kasvab humal looduslikult jõgede ja ojade kallastel ning üksikute puude ümber väändunult, samuti jõesaartel, kraavikallastel ja pankranniku alusel, vahel salu-, lodu- ja lammimetsades, põõsastikes, eriti lepikutes. Harvem leidub puisniitudel, aedades, tarade ääres. Koduaedades leidub istutatult või metsistunult (bio.edu, 2018)

Tabel 1. Humala kasvatamise piirkonnad, hektarid ja saak (t) (The Bart Haas Group, 2018)

Riik	Hektarid	Saak tonnides
Saksamaa	19543	41556
Tšehhi	4945	6797
Sloveenia	1591	2767
Poola	1576	2993
inglismaa	967	1781
Hispaania	521	613
Prantsusmaa	481	764
Rumeenia	270	205
Austria	250	442
Belgia	155	237
Slovakkia	138	118
Bulgaaria	22	64
Portugal	12	16
Holland	2	2
Ukraina	370	420
Venemaa	344	522
Türgi	283	188
Valgevene	55	60
Šveits	16	18
Euroopa	31541	59562
Washington	15556	35695
Oregon	3177	5404
Idaho	2830	6241
Teised riigid	1012	851
Kanada	172	155
Argentiina	153	267
Ameerika	22900	48612
Xinjiang	1648	4506
Gansu	1035	2538
Jaapan	120	273
Aasia	2803	7317
Lõuna-Aafrika	421	711
Austraalia	631	1438
Uus-Meremaa	442	761
Kogu maailm	58738	118401

Humalat on Eestis kasvatatud tapuaedades. Tapuaiad olid pühad paigad. Kuuselattidest taputeibad asusid taludes kiviaia kõrval või sauna taga ja olid ringikujulised väravaga. Sinna ei pääsenud lapsed ja loomad tallama. Humalakasvatus laienes Eestis massiliselt 1887. aastal seoses tollimaksu suurendamisega. Sel ajal hakati rajama suuremaid kasvatusi. Humalakasvatus Eestis hääbus 20. sajandi alguses, sest humal ei olnud õlletööstuste jaoks piisavalt mõru. Toorainet hakati importima. (Raal jt, 2018)

1.2. Humala kvaliteedi hindamine ja tähtsus õllepruulimisel

Humala käbisid kasutatakse peamiselt õllepruulimisel vürtsina õlle säilimisvõime tõstmiseks. Humal pärssib anaeroobsete bakterite kasvu (De Keukeleire ja Heyerick, 2005). Lisaks õlletööstusele leiab humal kasutust ravimites, kosmeetikas, haljastuses, salatites, leiva tegemisel, kanga kiu valmistamisel ja loomasöödas (Zanoli ja Zavetti, 2008).

Humalat kasutatakse kõige rohkem õlletööstuses 98%. Seetõttu on õlletööstustes kasutamiseks kehtestatud hindamiskriteeriumid. IBU (inglise keeles *international bittering unit*), on näitaja, millega mõõdetakse humalas sisalduvate ainete sisaldust õlles. IBU on mõõtühik, mida õllepruulijad õlle valimisel oluliseks peavad. IBU näitab ligikaudse α -mõruhapete sisaldust milligrammides ühe õlle liitri kohta (Hough jt, 2012). Humala mõrudust saab määrata spektrofotomeetriliselt või kromatograafiliselt kasutades kõrgsurvevedelikkromatograafiat (inglise keeles High Performance Liquid Chromatography – HPLC). Spektrofotomeetriliselt on võimalik määrata humalas sisalduvate iso- α -hapete, polüfenoolide ja humulinoonide summaarset sisaldust neelduvuse kaudu. HPLC analüüs võimaldab selektiivselt tuvastada ja kvantitatiivselt määrata üksikuid iso- α -happeid ja nii täsemalt kirjeldada humala keemilisi omadusi. (Oladokun jt, 2016)

Oluliseks on muutunud järjest kõrgem IBU ja suure humalasisaldusega õlled ei sobi igale maitsele. Olemas on lai valik erinevaid sorte, uusi ja neid, mida on aretatud alates 1894. aastast Saksamaal (Townsend, Henning, 2009). Neid kasutatakse õllepruulimisel eraldi või kombineeritult. Ameerika õllepruulijad on viinud humala sisalduse uuele tasemele ja nii on ka uus õlle tüüp „imperial“ *Indian pale ale*. Mõruduse kvaliteedi ja karakteri tähendus jääb ebaselgeks, kuigi paljud õlletööstuses neid termineid kasutavad. Sellele vaatamata on teada, et mõrudus on mitmekülgsest tajutav. Selle tõestuseks on õlle kvaliteedi kirjeldamiseks

kasutusel sõnad „tugev“, „mahe“, „pikaajaline“, „ühtlane“, „kibe“ ja „metalne“. (McLaughlin jt, 2008; Oladakun jt, 2016) Need omadussõnad katavad osaliselt peamised maitseüriansid ajalises (pikaajaline) ja tuntavas maitse (kibe) mõttes. Mõned humala maitset kirjeldavad omadussõnad on positiivsed (ühtlane) ja mõned sõnad on vähem meeldivad (tugev). Samuti on nende omaduste hedonistlik väärtus kontekstist tulenev, olenevalt konkreetse õlle maitseomadustest. Seega on humala mõrudus kombinatsioon intensiivsusest, ajalisest ja ruumilisest mõõtmest. Sellest tulenevalt vastab mõruduse intensiivsus mõru maitse aistingu vahemikule ja ajaline mõõde on mõruduse intensiivsus aja jooksul (Keast ja Breslin, 2003). Ruumiline mõõde iseloomustab mõru maitse tundmise piirkonda keelel ja suuõõnes, see võib olla valdavalt keeleotsas või kurgu tagaküljel (McBurney, 1976). Õlle mõruduse kvaliteeti mõjutavad humala lisamise aeg ja humala sort. Aroomi humalad, mida kasutatakse peamiselt õllele lõhna ja maitse andmiseks, sisaldavad teatud määral mõruaineid, kui need lisada enne keemist (Hiernonymus, 2012; Oladokun jt, 2017).

Raal, 2010 toob välja, et humal ei ole õlles kohustuslik koostisosa. Õlle pruulimisel on neli koostisosa, kuid neist kolm (odralinnas, pärm ja vesi) on möödapääsmatult vajalikud. Nendest kolmest koostisosast valmistatud õlu on kleepuv-magus ja lääge. Õlle maitsele tasakaalu ja sügavuse andmiseks on läbi ajaloo lisatud mõne taime osi, näiteks kanarbiku õisi, kuusevõrseid, kurgirohtu või harilikku porssi. Keskajal maitsestasti ja anti mõrudus seguga, mida kutsuti „gruit“. „Gruit“ koosneb maitsetaimedest ja vürtsidest, mille koostisesse kuuluvad taimed olid paikkonniti erinevad. Humal kujunes „gruiti“ peamiseks koostisosaks. 16. sajandiks vahetas humal „gruiti“ välja (McGovern jt, 2013).

Õlle 100 liitri valmistamiseks kasutatakse 170 - 260 g humalat (8 - 12 oz/1barreli kohta) (Carter jt, 1990). Väide, et õlle joovastav mõju tuleneb humalatest on osaliselt vale. Peamise joovastava mõju annab õllele ja teistele joovastavatele jookidele seal sisalduv alkohol. Alkohol tekib käärimisel linnasesuhkrust, ehk maltoosist. Maltoos tekib ensüümi diastaasi mõjul tärklisest. Diastaas tekib teravilja idanevates seemnetes. Seega on diastaasi, selle fermentatsiooni ja käärimise tekkimiseks kasutusel linnased (Oladokun jt, 2017).

Mätlik, 1943 väitel omab õlu joovastavat mõju, sest sisaldab humalat. Ning, et humal sisaldab narkootilisi aineid, mis omavad otsest mõju õlletarbija organismile. Inglismaal tarvitati humalaid suitsetamiseks oopiumi aseainena. Zanolli ja Zavetti, 2008 toovad välja humala toime rahustina, kui β -mõruhapete sisaldus oleks α -mõruhapete sisaldusest kuus

korda suurem. Sellisel juhul peaks β -mõruhapete sisaldus olema 200 mg/kg ja α -mõruhapete sisaldus 25mg/kg. Seega ei ole läbinisti alust arvata, et humalal ja humala kasutamisel õlles oleks tarbijale narkootiline toime. Küll aga tõepoolest parandab õlle säilivust, sest mõruained sadestavad ebasoovitavaid valkaineid ja pärsivad mikroobide tegevust. Lisaks soodustavad humala vaigufraktsioonid vahu püsimist (Raal, 2010).

Küll aga on humalal uimastav toime. Juanez, 2012 ja Koetter jt. 2007 uurimused toovad välja, et humala rahustav toime on tugevam koos teiste sarnase toimega ravimtaimedega nagu palderjan, sidrunmeliss ja kannatuslill. Seega on humala narkootiline toime ja rahustav toime õlles ja isegi ilma teiste ravimtaimedeta vähetõenäoline.

Humal leiab peamiselt kasutamist õlle tootmisel. Ungaris kasutatakse humalat eriliste kuklite küpsetamisel. Lisaks käärimisele on humalaekstrakti kasutamisel leiva tegemisel pikem säilivusaeg ja kahjurputukatele peletav toime (Olanca ja Ozay, 2015) Käärimise protsessi toimimise eest vastutavad siiski seened või bakterid. Sellest tulenevalt ei ole alust arvata, et humalal on käärimist soodustavaid omadusi. Küll aga on humalal säilitamisel oluline osa.

Meditšiinis kasutatakse humala käbidest valmistatud pulbrit (*Lupuli flos*). Meditsiini valdkonna hindamiskriteeriumid on kehtestatud farmakopöas. *Lupuli flos* peab sisaldama 0,25g kuivainet. Farmakopöas ei määratleta α -mõruhapete ega β -mõruhapete sisaldust, vaid seda kui palju kuivjääki kätte saadakse. Küll aga peavad kuivatatud humalaõisikud sisaldama 70% etanooliga ekstraheeritavaid komponente vähemalt 25%. Kusjuures kaalukadu võib kuivatamisel olla 10% ja tuhasus 12%. Kindla keemiliste ühendite rühmaga standardi nõudeid ei seota, sest humala kvaliteet sõltub erinevatest koostisainetest. (Euroopa farmakopöa)

Humalaõisikud on traditsiooniliselt kasutatav vahend, tarvitamiseks droogina ja selle vedelekstraktina (45% etanool, 1:1), magusa veiniga tehtud tõmmisena (1:10), tinktuurina (60% etanool, 1:5) ja kuivekstraktina (50% etanool, 4-5:1) stressist tulenevate kergemate vaevuste leevendamiseks ja une parandamiseks. (Euroopa ravimiamet) Stressi korral võetakse 0,5g peenestatud droogi 150-200 ml keeva vee kohta, juuakse kuni 4 korda päevas. Alkoholitõmmiseid manustatakse vastavalt joogi soovitusel, tinktuuri puhul 1-2 ml kuni 3

korda päevas. Une parandamiseks juuakse teed 0,5-1 g droogist üks tassitais tund enne magamist või 0,125-0,250 g kuivekstrakti. (Raal jt, 2018)

Humala kohta on paar müüti. Neist esimene väidab, et õlle joomine põhjustab meeste impotentsust ja teine, et humal ajab haava mädanema. Humalas leiduv 8-prenüülningeniin toimib koosmõjus isoksantohumulooliga taimse östrogeenina. Tagajärjena tõepoolest mehe keha feminiseerub. Tekib õllekõht ja rinnad suurenevad, testosterooni tase alaneb. (Sierksma jt, 2004) Seega ei saa lõplikult väita, et humala tarbimine meestel impotentsust tekitab, kuid mehe keha feminiseerub. Oluline on meeles pidada, et humala sisaldus õlles on väike - 170 - 260 g humalat 100 liitri kohta. Seega, mõõduka õlle tarvitamise ja sealt saadava humala koguse juures ei ole olulisi mõjusid. Kui haav on korralikult pestud, sobiva plaastri või sidemega kaetud, aga ei parane, siis ei ole põhjus õlles ega humalas. Vastupidi, humalas sisalduvad halkoonid soodustavad haavade paranemist (Costa jt, 2013) ja toimivad põletikuvastaselt (Karabin jt, 2015) isegi vaatamata sellele, et neid on õlles vähe. Tõele vastab, et alkohol aeglustab organismi nõrgestades haavade paranemist ja põletiku taandumist.

1.3. Biokeemiline koostis ja seda mõjutavad tegurid

Kuivatatud viljastamata emasõisikuid (humala käbid) nimetatakse droogiks. Humala käbisid kogutakse enne valmimist alates augusti keskpaigast siis, kui õisikud on veel rohekaskollased. Seejärel kuivatatakse õhukese kihina temperatuuril mitte üle 50-60°C. Säilitatakse kuivas ja pimedas õhukindlalt, mitte üle kahe aasta. (Raal jt, 2018)

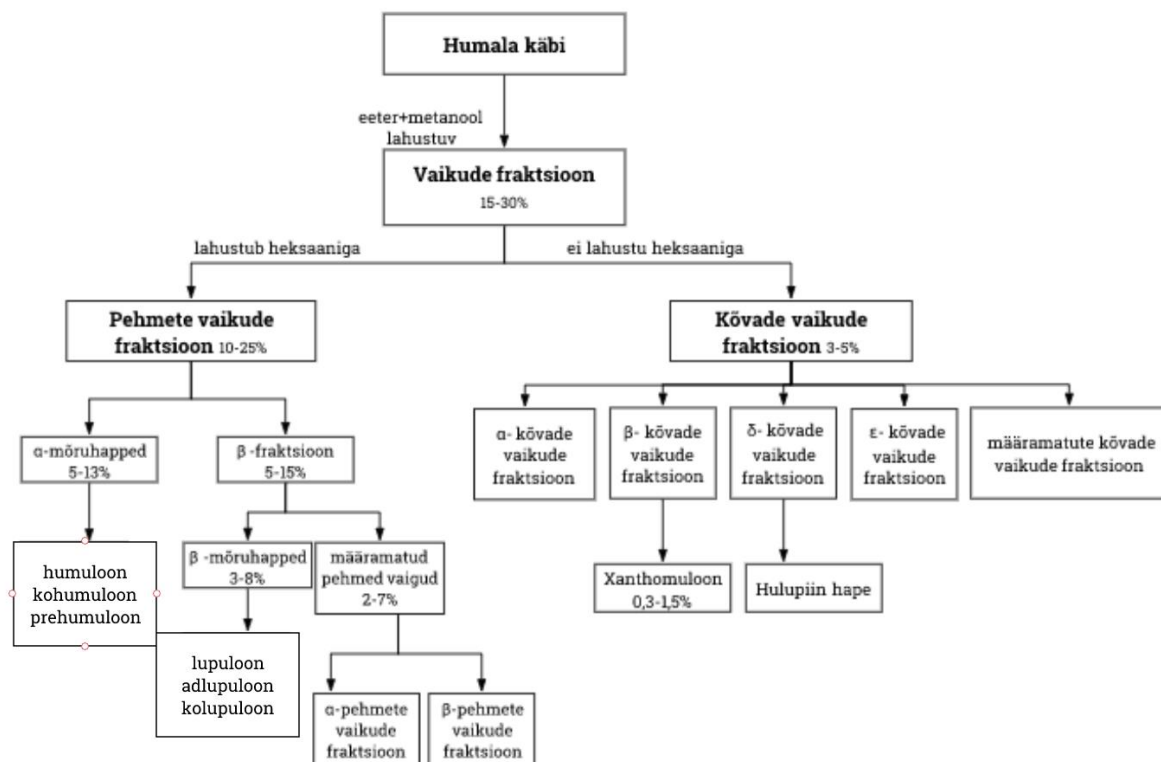
Lupuliin koosneb erinevatest keemilistest ühenditest ja lupuliini omaduste tõttu kasutatakse humalat õlle pruulimisel. Lupuliinis sisalduvad vaigufraktsioonid ja eeterlikud õlid. Lupuliini sisaldus on suurem viljastamata käbides, kui seemneid sisaldavates käbides. Droog sisaldab 15-30% vaigufraktsiooni. Selle koostises on 2-10% α mõruhappeid (humuloon, kohumuloon, prehumuloon) ja 2-6% β mõruhappeid (lupuloon, adlupuloon, kolupuloon) 0,5-3% eeterlike õlised õli (mürtseen, humuleen, β -kariofülleen), flavonoidid (astragaliin, kempferool, kvartsetiini glükosiidid), halkoonid (ksantohumuloon, isoksantohumool, 6-isopentenüülningeniin), atsetüülfloroglutsinoolid, kumariinid (tabel 2), mõned Inglismaal aretatud sordid sisaldavad 8 kuni 12% α mõruhappeid. (Carter jt, 1990)

Tabel 2. Kuivatatud humalakäbi (droog) koostis (Almaguer jt, 2014)

Koostisosa	%
Vaigufraktsioon	15-30
Eeterlikud õlid	0,5-3
Valgud	15
Monosahhariidid	2
Polüfenoolid (tanniinid)	4
Pektiinid	2
Aminohapped	0,1
Vahad ja steroidid	Jäägid-25
Tuhk	8
Niiskus	10
Tselluloos	43

Lupuliin ei sisalda nii palju parkaineid kui käbivarred ja käbilehed. Samuti sisalduvad lupuliinis fenoolhapped ja proantotsüanidiinid (Ošovska jt, 2016).

Humala emastaime käbides peituvad lupuliini näärmed, mis on algul tühjad ja värvuselt hõbehallid. Edaspidi täituvad näärmed vaigufraktsiooniga, muutudes helekollasteks, hiljem kuld kollasteks ja pikema seismise korral punakas-kollasteks. Lupuliin on peeneteraline ja vaigulise läikega (*Glandulae lupuli*). (De Keukeleire ja Heyerick, 2005) Lupuliini näärmetes on vaigufraktsioonid ja õlid (joonis 4).



Joonis 4. Humala vaigufraktsioonide klassifikatsioon ja nomenklatuur (Almaguer jt, 2014)

Humalaõli annab õllele omapärase meeldiva aroomi. Humalaõli koosneb eeterlikest õlidest (mürtseen, humuleen, β -kariofülleen) ja terpeenidest. Osa humalaõlist lendub õlle käärimisel ja ülejäänud osa muundub α mõruhapeteks ja β mõruhapeteks, mis annavad õllele meeldiva aroomi. Parkhappe sadestab õllevirdest valgud, mõjudes õllele konserveerivalt. Kuid parkhappe parandab ka õlle maitset. Humala vaigufraktsioonid kuuluvad resinoolvalkude rühma. Humala vaigufraktsioonid lahustuvad metanoolis ja dietüül eetris. Jaotumine vastavalt pehmeteks ja kõvadeks vaigufraktsioonideks põhineb lahustuvusel erinevates lahustes. (Ošovska jt, 2016). Vastavalt heksaanis lahustuvusele on osa neist pehmed, teine osa kõvad vaigufraktsioonid (Almaguer jt, 2014).

Eeterlikke õlisid ja vaiku sisaldavates näärmetes on kaks pehmet vaigufraktsiooni. Pehmed vaigufraktsioonid lahustuvad heksaanis. Pruulimisel vajalik mõrudus ja sellest tulenevalt humala peamine väärtus peitub pehmetes vaigufraktsioonides. α mõruhappe fraktsioon koosneb α mõruainetest – humuloonist, kohumuloonist, adhumuloonist ja tundmatutest pehmetest vaigufraktsioonidest. Mõlemad pehmed vaigufraktsioonid pidurdavad õlles piimhappekäärimist tekitavate mikroorganismide tegevust. Humala valmimisel tõuseb pehmete vaigufraktsioonide sisaldus. Valminud humala säilitamisel suureneb kõva vaigufraktsiooni hulk. Seetõttu on värske humal väärtuslikum kui vana. Ükski vaigufraktsioonidest ei mõjuta pärmseente tegevust. (Almaguer jt, 2014)

Kõvad vaigufraktsioonid ei lahustu heksaanis. Tavaliselt koosnevad kõvad vaigufraktsioonid pehmete vaigufraktsioonide oksüdeerunud jääkidest, mis tekivad humala valmimisel, koristusjärgsel töötlemisel ja säilitamisel. Looduslikud kõvad vaigufraktsioonid sisaldavad xanthumulooni, mis on humalas kõige rohkem esinev prenüülitud halkoon ja koosneb β mõruhapetest. Pehmed vaigufraktsioonid lahustuvad heksaanis ja sisaldavad α ja β mõruhappeid. Kuivatatud humala käbid sisaldavad 2%-17% α mõruhappeid ja 2% -10% β mõruhappeid. (Ošovska jt, 2016) Selline mõruhapete sisalduse varieeruvus tuleneb sortide ja kasvukoha erinevusest.

Mõruained annavad õllele mõruda, vürtsise maitse. Humuloon annab toore maitse. Puhtal kujul on humalas sisalduv lupulon mürgine kuid õlles esineb see oksüdeerunud kujul, ja seega ei ole mürgine. (De Keukeleire, 2000) Säilitamisel muundub lupulon osaliselt

palderjanhappeks, millel on ebameeldiv lõhn. Seega on võimalik lõhna järgi teha vahet värsketel ja vanadel halvasti säilitatud humalatel.

α mõruhapped koosnevad humuloonist, kohumuloonist ja adhumuloonist. Sarnaselt koosnevad β mõruhapped lupuloonist, kolupuloonist ja adlupuloonist. (Raal, 2010) α happed on peamine humala koostisosa, mis annab õllele säilivuse. α mõruhapped isomeeruvad kõrgematel temperatuuridel paremini lahustuvateks iso- α -hapeteks. Katses kasutatud humala sortide α -mõruhapete, β -mõruhapete ja õlide sisaldused (tabel 3), omadused (tabel 4) ja omadused õlletööstuses (tabel 5).

Tabel 3. Katses kasutatud humala sortide α -mõruhapete, β -mõruhapete ja õlide sisaldus (Hopslis.com)

Sort	α mõruhape	β mõruhape	co-humuliin	Õlide sisaldus
'Cascade'	4,5%-8,9%	3,6%-7,5%	33%-40%	0,7-1,4mL/100g
'Pioneer'	8%-10%	3,5%-4%	36%-40%	1-1,8mL/100g
'First Gold'	5,6%-9,3%	2,3%-4,1%	31%-36%	0,8-1,5mL/100g

Tabel 4. Katses kasutatud humala sortide omadused (Hopslis.com)

Sort	Saagikus kg/ha	Tüüp	α mõruhapete säilivus*	Valmimine
'Cascade'	2017-2465	Viha ja aroom	80%-85%	keskmise
'Pioneer'	1200-1500	Viha ja aroom	60%-70%	keskmise-hiline
'First Gold'	1100-1700	Viha ja aroom	48%-52%	keskmise

* α -mõruhapete säilivus on mõõdetud 6 kuu möödudes ja hoiti 20°C

Tabel 5. Katses kasutatud humala sortide omadused õlletööstuses (Hopslis.com)

Sort	Õlle tüübid	Maitse karakteristikud	Asendused
'Cascade'	Barley Wine, Ameerika Pale Ale, Ale, Lager	lilleline, tsitrused ja greibi aktsendiga	'Centennial', 'Amarillo', 'Columbus', 'Ahtanum'
'Pioneer'	India Pale Ale, Red Ale, Specialty Ale, Strong Bitter	Puhas viha, tsitrused, sidruni, greibi, maitsetaimede ja seedri aroom	'East Kent Golding'
'First Gold'	Porter, English Bitter, Wheat Beer, Celtic Ale, Summer Ale, Amber Ale, Dark Amber Ale, India Pale Ale, Imperial India Pale Ale	Mandariini, apelsini, kaneeli ja marmelaadi aroom	'Willamette', 'East Kent Golding', 'Styrian Golding'

2. KASVATAMINE

2.1. Nõuded kasvutingimuste suhtes

Jätkusuutlikku toodangu tagamiseks kasvatatakse tänapäeval humala kultuursorte madala või kõrge toetussüsteemiga monokultuurina. Tänapäeval kasutuses olevad sordid on aretatud Euroopa looduslikust humalast *Humulus lupulus* L. var *lupulus* (Small, 1978), mis on Lääne-Euroopast kuni kesk ja edela Aasiani leviv mitmeaastane taim. Humalat paljundatakse risoomiga, et soovitud aroomi ja maitse omadused edasi kanduks. Sellele vaatamata võivad sama sordi nimetatud keemilised omadused varieeruda aastate lõikes (Mozny jt, 2009). Kõrge temperatuur kasvuperioodil on peamine saagikust ja α -mõruhapete sisaldust mõjutav tegur. Humala paljundamiseks kasutatakse täpselt maapinna all olevaid juurekaelast hargnevaid risoome. Lõigatakse 15-20 cm pikkused jupid. Igal jupil on vähemalt kaks pungat. Pistikud tuleb kohe istutada. Kui kohe ei istutata, tuleb hoida jahedas, niiskes ja hästi ventileeritud kohas. Mingil põhjusel halvasti arenenud, moondunud, kahjustatud või haigestunud pistikuid ei istutata. Paljud humala kasvatajad rajavad istandusse osa, kuhu istutatakse pistikud üheks hooajaks. Ühe aastased taimed istutatakse ümber kevadel või sügisel. (Carter jt, 1990)

Humal on kohanenud kasvama paljudes erinevates kliimatingimustes. Humal vajab piisavalt niiskust ja soojust, seejärel kuivemat perioodi. Kui sademeid on vähe ja põhjavesi on sügavamal kui 1,5 m, tuleb kasutada niisutussüsteemi. (Carter jt, 1990)

Humal on soojusnõudlik, kasvuperioodi soovituslik temperatuur võiks jääda 4 ja 21°C vahele (Morton jt, 2017). Samuti on vajalik talvine jahe temperatuur vähemalt kaks kuud alla 4°C (Sirrinen, 2014). Oluline on, et juuni teine pool, juuli ja augusti esimene pool oleksid küllalt soojad. Mai ja juuni esimene pool võivad olla ka jahedad. Külmad ilmad õitsemise ajal ja kohe pärast õitsemist kahjustavad taime. Talvised külmad humalat ei kahjusta, sest risoom ja juurestik ei külmu kergelt. Õrnemate sortide nooremad maa-alused osad võivad kahjustusi saada vähese lumega ja külmal talvel. (Mätlik, 1943)

Sademe vähesuse tõttu jääb saak madalaks. Niiskus on tähtis eelkõige käbide kasvu algul kohe pärast õitsemist. Kui sel ajal sademed puuduvad ja muld on kuiv, tuleb kasutada

lisaniisutust. Sademete rohkus koristamise ajal on käbide kvaliteedi seisukohast kahjulik. (Morton jt, 2017) Eestis on suve esimene pool Jõgeval Eesti Taimekasvatuse Instituudi andmetel kuiva võitu.

Humal on valgusnõudlik taim. Seetõttu tuleks istutuskohaks valida paikadesse, kus ei ole kõrgeid puid. Õite moodustamiseks on vajalik pikk päev ja lühike öö (Sirrine, 2014). Puuduliku valguse puhul jääb õite arv väheseks. Hiljem on käbide areng puudulik, nad ei kasva suureks, ja see mõjutab tunduvalt saagikust. Puuduliku valguse tingimustes suudab risoomis talletada vähem varuaineid, mis omakorda vähendab järgmise aasta saaki.

Täiesti tuulevaiksed kohad, nagu sügavad orud, lagendikud metsas jne. ei ole humala kasvatamiseks soodsad, sest seal levivad taimehaigused laiemalt. Lagedatel kohtadel jällegi vigastavad humalaväädid end hõõrdumisega. Selle tõkestamiseks soovitatakse ümber lageda istanduse istutada tuulekaitseks mõned poolkõrged taimeliigid. Tugevad tuuled tekitavad vigastusi toetusseadistele, õitele ja käbidele. (Edwardson, 1952)

Asukoha valikul on eelistatud jõeäärsed madalikud, mis ei kannata põhjavee all ja on kuivendamise võimalus. Eesti jõed asuvad madalate kallaste vahel, seega sellised kohad ei tule kõne alla. Eestis on uhtmaad, kus huumuse kiht on paksem kui tavaliselt. Kerge kallak lõuna, kagu või edela poole on soovitatav. Kallak ei tohiks olla järsk. (Mätlik, 1943)

Mullastiku poolest on eelistatav saviliiv. Vältima peaks drenaažita, tugevalt leeliselist või sooldunud mulda. (Carter jt, 1990) Mulla paksus võiks olla keskmiselt ühe meetri sügavune. Kui mullad on sügavad, huumuserikkad ja ei kannata põhjavee all, siis ei ole mulla raskus nii oluline. Kõige paremad mullad humala kasvatamiseks on keskmise raskusega liivsavi- või saviliivmullad, mis sisaldavad küllaldaselt huumust ja ei ole liiga külmad või märjad. Mulla pH võiks jääda 5 ja 7 vahele. Madalam pH kui 5,7 võib vajada mangaani või lubja lisamist (tabel 6). (Gingrich, Hart ja Christensen, 2000)

Tabel 6. Lubja lisamine

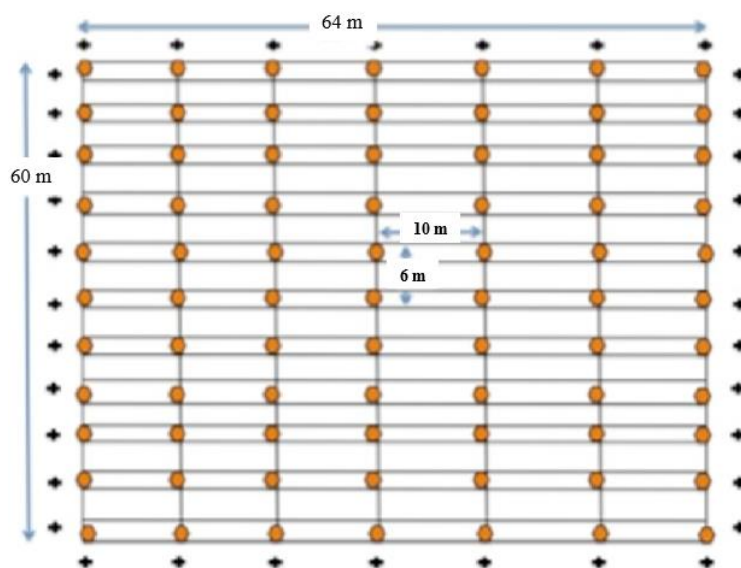
Testi järgi lubja sisaldus	Juurde lisatav lubja kogus (t/ha)
< 5,7	> 3
5,8-6,1	2-3
6,2-6,5	1-2
> 6,5	0

Lisaks madalamale pH-le kui 5,7 on vaja lupja lisada, kui mullas on kaltsiumi (Ca) sisaldus madalam kui 5 meq/100g. Lubja lisamisel on mõju üle mitme aasta. Lubjata võib kevadel või sügisel. Kui pH on 5,7 või madalam, on vajalik lupja lisada kahe aasta tagant.

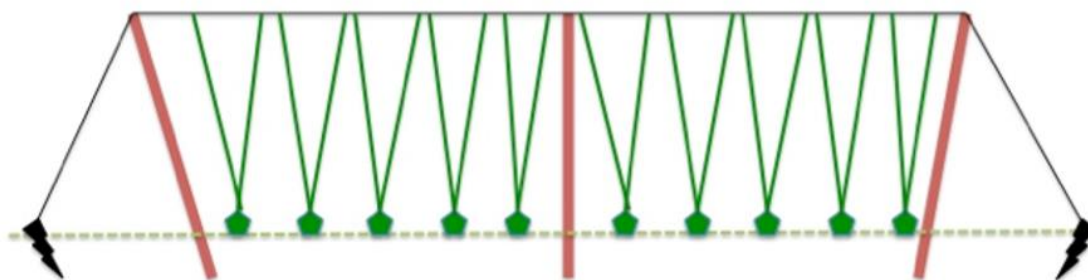
Humal on kevadel kiire kasvuga ja tekivad pikad võrsed vähese lehepinnaga. Selline kasv toimub risoomis talletunud toitainete arvelt. Süsivesikute talletumine on kõige intensiivsem augustis ja septembris, kui võrsete kasv on peatunud. Maapealse taimemassi kuivaine kogunemine algab juuni keskel ja lõpeb juulis käbide arenguga. Augusti lõpuks on käbi kuivaine osakaal ligikaudu 30% kogu maapealsest taimemassist. (Gingrich jt, 2000)

2.2. Kasvatustehnoloogilised võimalused ja istanduse rajamine

Humalat saab istutada risoomina või ettekasvatatud taimena. Kui risoomid ei pärine kontrollitud edasimüüjalt, on soovitatav valida ettekasvatatud taimed. Istutamine toimub kevadel, aprilli lõpus või mai alguses. Parima tulemuse saamiseks on vaja hoida taimede ümber meetri suuruse diameetriga umbrohuvaba ala. Humal on kiirekasvuline taim ja seetõttu tuleks segunemise vältimiseks erinevad sordid hoida üksteisest vähemalt kolme meetri kaugusel. Kiire kasvu tõttu vajavad humala taimed toetussüsteemi (joonis 5). Istandustes kasutatakse kookosköit, mis kinnitub 6-7 m kõrgustele kaablitele (joonis 6). Taimed kasvavad kuni 7 meetri kõrguseks ja omandavad märkimisväärse kaalu. (Morton, 2013)



Joonis 5. Humala istanduse kujundus. (University of Vermont, 2013)



Joonis 6. Humala toestussüsteem. (Morton, 2013)

Ridade ja taimede vahekaugused varieeruvad, sest kasvatajad kasutavad harimiseks erineva laiuseta tehnikat. Kui istanduses kasvatatakse erinevaid sorte, tuleks sortide ülemineku kohtades jätta pikemad vahed. Risoomid istutada 2-5 cm sügavusele pungad üles poole. (Morton, 2013)

Reeglina on esimese aasta väetamise vajadus pool kuni kaks kolmandikku kogu väetisvajadusest. Humala aastane kasv võib olla 7 meetrit või rohkem (Hampton jt, 2001; Mahaffee ja Pethybridge, 2009). Enne juunit on madal lämmastiku vajadus, kuid juuli lõpuks on valdav lämmastiku vajadus omastatud (90 - 180kg/ha). Humala võrsed on kiire kasvulised, ligikaudu 25 cm päevas. Kasvuperioodil võib lämmastiku tarve olla kuni 4,5 kg/ha päevas. (Sullivan jt, 1999) Lämmastik peaks olema olemas enne, kui kasv algab. Pärast suvist pööripäeva päevapikkuse lühenedes, algab õitsemine. Selle protsessi käigus moodustuvad kähid. (Mahaffee ja Pethybridge, 2009) Humalal on madal fosfori vajadus võrreldes lämmastiku ja kaaliumi omaga (tabel 7).

Tabel 7. NPK sisalduse jaotumine humala taimes

Element	Sisaldus lehtedes	Sisaldus kähides
Lämmastik	40%	60%
Fosfor	70%	30%
Kaalium	74%	25%

Mulla reaktsiooni mõju humala saagikusele ei ole leidnud kinnitust. Küll aga on olemas seos pH ja mangaani (Mn) vahel. Mangaan on oluline element humala kasvu seisukohast. Sarnaselt boorile (B) on mangaani taimetele vastuvõtlikkusest liigsem kasutamine mürgise mõjuga. Samas, mangaani suurenemine koos pH suurenemisega ei oma mürgist mõju.

Väävli lisamiseks ei ole humala puhul erisusi võrreldes teiste kultuuridega. Aastane väävli vajadus on 32-44 kg/ha. Tsinki (Zn) vajab humal optimaalseks kasvuks ja käbide moodustamiseks. (Gingrich jt, 1994)

Pärast koristust võib varred ja lehed viia tagasi põllule, et tagada järgmiste perioodide väetustarve. Põllule tagasiviidava taimse massi puhul on oluline kompostimine, et vähendada patogeenseid jääke. Humala taimed vajavad saagi ja kvaliteedi tagamiseks lisaniisutust. Sõltuvalt asukoha kliimast lisaniisutamise vajadus erineb. Kuivas piirkonnas on hooajal lisaniisutuse vajadus 700-800 mm. Niisutust on vaja alates mai keskpaigast kuni veidi aega enne koristust. (Beatson jt, 2009)

Kahe ja kolme aasta vanused taimed lõigatakse tagasi kuni maapinnani, kui nad on kasvanud ligikaudu kaks nädalat või veidi üle poole meetri kõrguseks. Selline tagasilõikamine võimaldab jõulisemat kasvu, eemaldab eelmise aasta juurdekasvu ja vähendab haiguste levikut. Kui võrsed on üle poole meetri kõrgused, valitakse igal taimel kaks kuni kolm võrset, mis alles jäävad. Alles jäävad võrsed keeratakse kõrgusesse ümber nõõri päripäeva. (Gingrich jt, 1994; Mahaffee ja Pethybridge, 2009; Noble ja Roberts, 2004)

Koristamine toimub augusti lõpu ja septembri keskpaiga vahel. Koristamise ajastus on äärmiselt oluline, sest humalate koristamiseks kõlblik aeg kestab 7-10 päeva. Käbid on koristamiseks valmis, kui välimised soomused on katsudes paberjad ja kuivad. Samuti on oluline, et käbi sees peituv lupuliin oleks tumekollane. Kui käbi käes purustades on aroom tugev ja kuju püsib, kui surve pealt ära võtta. Koristamisel lõigatakse võrsed ja seejärel eemaldatakse võrsetelt käbid. Saadud käbid on valmis koheselt kasutamiseks hooajaliste ale tüüpi õllede pruulimiseks. Käbid on võimalik kuivatada, pakendada vaakumisse ja säilitada sügavkülmas hilisemaks kasutamiseks. Lõigatud võrsed saab kompostida või põletada. Kompostimise puhul on vajalik hoida kompost istandusest eemal, et tõkestada haiguste levikut. (Morton, 2013)

Kuivatamise meetod oleneb kuivatatavast kogusest, olemasolevatest seadmetest ja eelarvest. Kuivatamine tuleb läbi viia alla 60°C, et tagada kõrgema kvaliteediga lõpptoode. Niiskus pärast kuivatamist tuleb 8% ja 10% vahele. (Morton, 2013)

Rajatavasse istandusse on valitud nii varase, keskmise kui hilise valmimisega humalad, et katsetada erinevate valmimisaegadega humalate kasvamist Eestis. Samuti on oluline õlle tüüp, vastavalt viha või aroomi eesmärgil kasutamine ja saagikus (tabel 8).

Tabel 8. Rajatavasse istandusse valitud sordid ja nende omadused (Hopslis.com)

Nimi	Tüüp	α mõruhape %	β mõruhape %	saagikus kg/ha	valmimine
'Cascade'	viha ja aroom	4,5-8,9	3,6-7,5	2017-2465	keskmine
'Pioneer'	viha ja aroom	8-10	3,5-4	1200-1500	keskmine-hiline
'First Gold'	viha ja aroom	5,6-9,3	2,3-4,1	1100-1700	keskmine
'Chinook'	viha ja aroom	12-14	3-4	1700-2230	keskmine-hiline
'Prima donna'	viha ja aroom	5,6– 8,7	2,3 - 3,6	1300-1900	keskmine
'Centennial'	viha ja aroom	9,5-11,5	3,5-4,5	1500-1750	keskmine
'Willamette'	aroom	4-6	3-4	1340-1700	varane-keskmine
'Nugget'	viha ja aroom	9,5-14	4,2-5,8	1700-2200	keskmine
'Challenger'	viha ja aroom	6,5-9	3,2-4,5	1400-1800	hiline
'Star'	aroom	3,2	1,7	560	varane
'Styrian golding'	aroom	2,8-6	2-3	1150-1500	varane
'Saaz'	aroom	2,5-4,5	4-6	800-1200	keskmine
'Hallertauer'	aroom	3,5-3,5	3,5-4,5	800-1100	varane-keskmine

2.3. Haigused ja kahjurid

Peamised humala taime kahjustavad haigused on ebajahukaste (*Pseudoperonospora humuli*), jahukaste (*Sphaerotheca humuli*) ja närbumistõbi (*Verticillium*), mis vähendavad saaki ja selle kvaliteeti. Humala sortide aretamise oluline eesmärk on jahukaste ja ebajahukaste resistentsete sortide saamine, kuid seda ei toeta muutuv ja kõikuv turg. Resistentsetest esineb looduslikult kasvavates humalates. Seega saab looduslikult kogutud humalaid kasutada aretamises. (Seigner jt, 2005) Ebajahukaste suhtes resistentsete sordid on 'Cascade', 'Fuggle', 'Perle', 'Tettnanger' ja 'Willamette' (Johnson jt, 2009). Gent jt, 2009 toovad välja võimalusi ohukamate haiguste tõrjumiseks. Selleks on vajalik eemaldada nakatunud taimne materjal, desinfitseerida, aegsasti taimed tagasilõikata ning kasta ja väetada.

Humala viirused (hop latent virus, American hop latent virus), ja humala mosaiikviirus kuuluvad *Carlavirus* perekonda ja nendesse nakatumine toimub mehhaaniliste vahendite või humala lehetäide *Phorodon humuli* (Hemiptera: Aphididae) imemise teel. Viirustesse nakatumise tunnused avalduvad kloroosis. Viirustesse nakatumine sõltub erinevate sortide

vastuvõtlikkusest. (Eastwell jt, 2009) Õuna mosaiikviirus ja arabis mosaiikviirus pärsivad samuti humala kasvu, kvaliteeti ja saagikust ning kahjustused varieeruvad sõltuvalt sordist ja kasvukohast (Pethybridge jt, 2002; Pethybridge jt, 2008).

Humala viroid (hop stunt viroid HSV), mis pärineb Jaapanist, põhjustab lühenenud sõlmevahed vartel, samuti lühenenud taime kõrguse, pidurdab kasvu, vähendab saagikust ja kvaliteet. (Eastwell ja Sano, 2009; Pethybridge jt, 2008) Humala viroidi kahjustus on levinud üle maailma, sest levib mehhaanilisi vahendeid kasutades.

Kõige suuremat kahju tekitavad kedriklest (*Tetranychus urticae* Koch) ja humala lehetäi (*Phorodon humuli* Schrank). Humala lehetäi esineb põhjapoolkeral. Tema kahjustus seisneb selles, et ta imeb käbisid hooaja lõpu poole. Seetõttu alaneb kvaliteet oluliselt ja suureneb humala haiguste levik. (James ja Barbour, 2009) Humala lehetäid saab vähendada kasulike putukate kasutamisega. Kasulikud putukad võiksid olla lepatriinud, röövlestad ja teised röövputukad. (Gent, 2009; Weihrauch, 2009) Kasulike putukate istandusse meelitamiseks ja pikemaajaliseks hoidmiseks võib abi olla õistaimedest ja pinnakattetaimedest. (Grasswitz jt, 2009)

Haiguste ennetamiseks ja tõrjeks on vajalik optimaalne istanduse ülesehitus, desinfitseerimine, resistentsete sortide ja fungitsiidide kasutamine.

3. EESTIS LOODUSLIKULT KASVAVA HUMALA VÕRDLEMINE VALITUD KULTUURSORTIDEGA

3.1. Metoodika

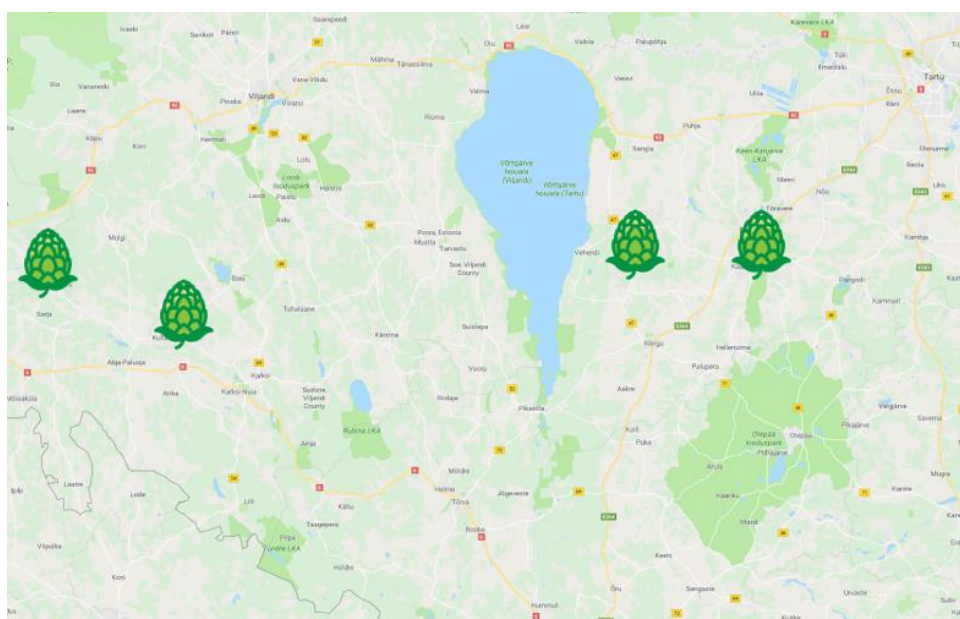
3.1.1. Taimne materjal

Uurimises kasutati Eestis neljas erinevas kasvukohas looduslikult kasvavate humalate käbisid. Võrdluseks kasutati kolme kultuursordi käbisid, mis pärinesid katmikalt, James Huttoni instituudist (Šotimaa) ja avamaalt Inglismaalt (tabel 9).

Tabel 9. Uurimuses kasutatud taimne materjal

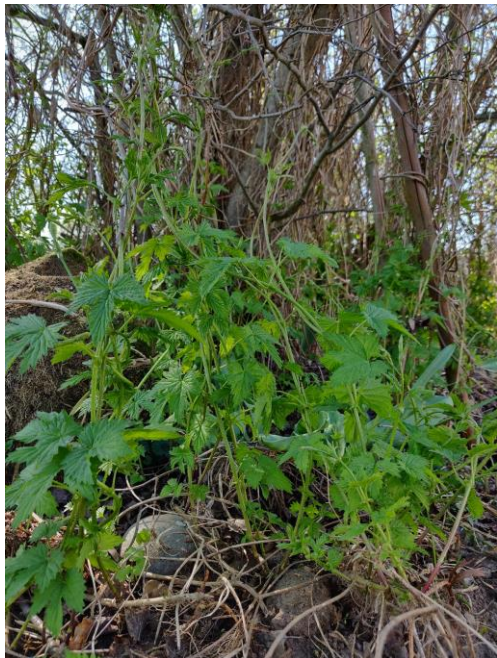
Genotüüp	Päritolumaa	Kasvukoht
'Pioneer'	Inglismaa	avamaa
'First gold'	Inglismaa	avamaa
'Cascade'	Inglismaa	avamaa
'Pioneer'	Šotimaa	katmikala
'First gold'	Šotimaa	katmikala
'Cascade'	Šotimaa	katmikala
Liivaku	Eesti	looduslik
Elva jõeäär	Eesti	looduslik
Halliste	Eesti	looduslik
Rang	Eesti	looduslik

Kõik humalate käbid koguti 2018. aastal Lõuna-Eestist (joonis 7)



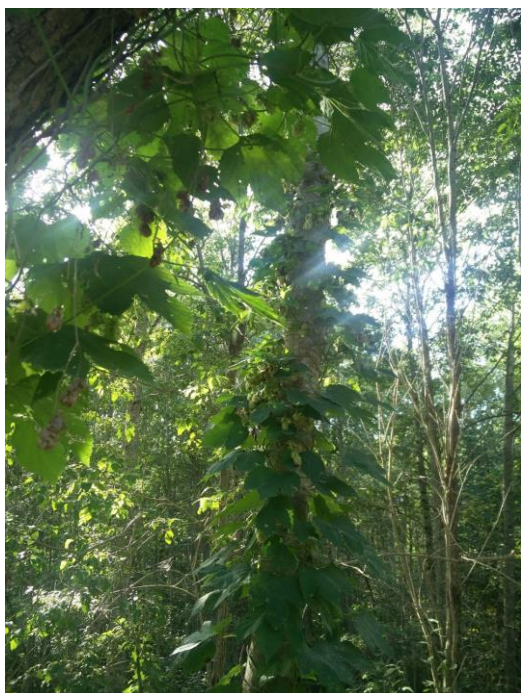
Joonis 7. Looduslikud kasvukohad

Liivakult kogutud humala käbid kasvasid eraaias hariliku sireli põõsas (joonis 8). Selles kasvukohas on taimed olnud üle kümne aasta, kuid pärinevad metsast. Selles aias kasvavat humalat ei harita agrotehniliste võtetega – ei kasutata lisaniisutust, tagasi-, noorendus- või harvenduslõikust ega toestussüsteeme.



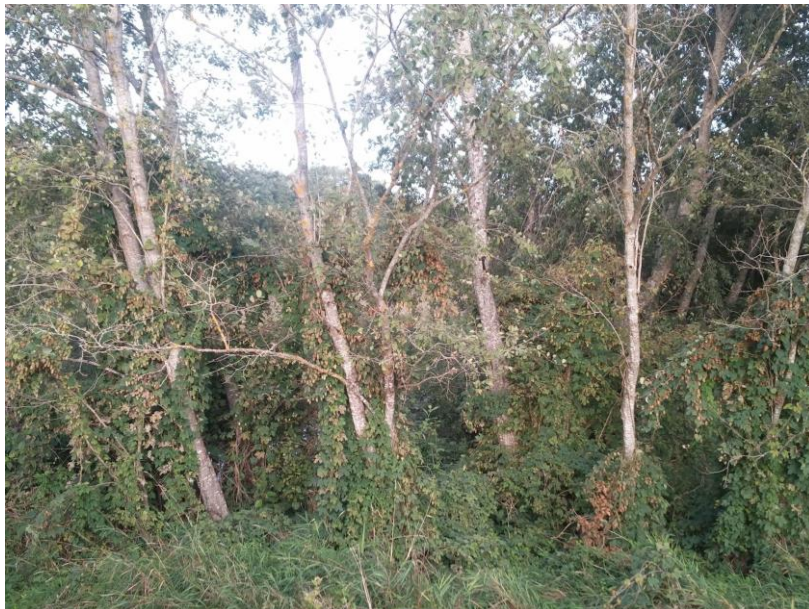
Joonis 8. Humal Liivakul, 2019 aasta mai noored võrsed ja 2018 aasta lõikamata varred

Elva jõeäärest kogutud humala käbid kasvavad metsas, päripäeva ümber puude väändunult (joonis 9). Kasvukoha vahetus läheduses ei ole järve ega jõge, aga maastik soine.



Joonis 9. Kogumiskoht Elva jõeääres

Halliste jõe äärest kogutud humala käbid olid suures osas üle küpsenud. Nende värv oli pigem pruunikas (joonis 10). Katte- ja kandlehed pudenesid käega muljudes käbi küljest lahti. Vahetus läheduses on Halliste jõgi.

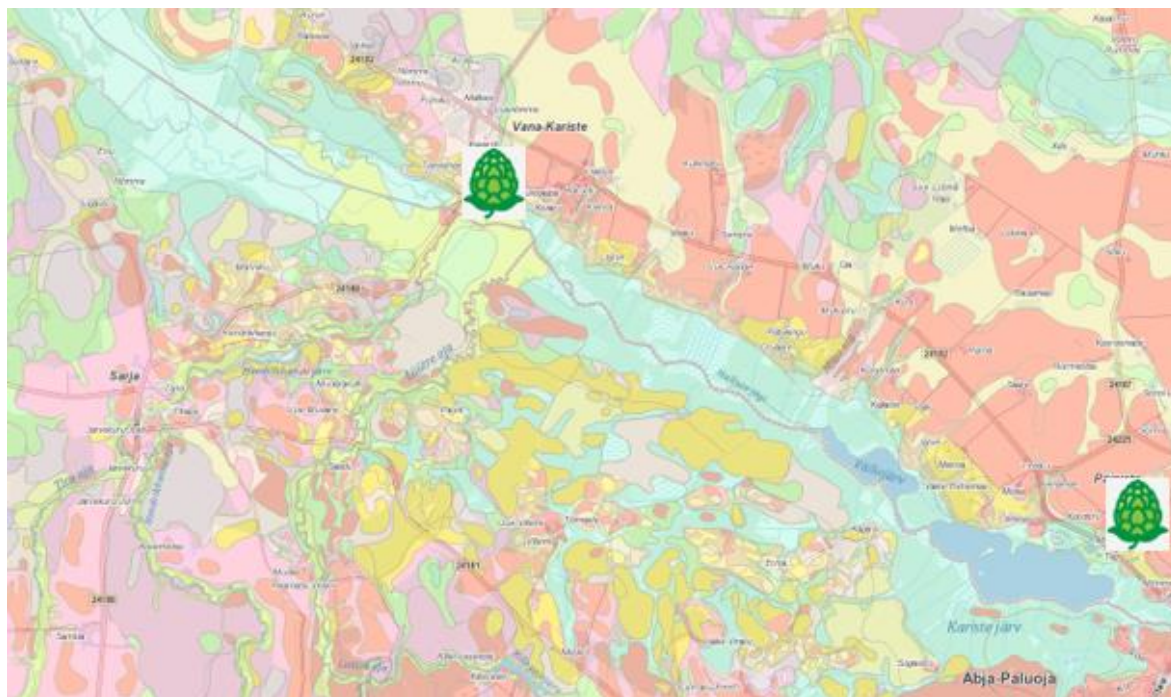


Joonis 10. Kogumiskoht Halliste jõe ääres

Rangi talumaadelt kogutud käbide kasvukoha vahetus läheduses ei ole ühtegi veekogu. Kuid selles kasvukohas on kõige tihedam ja suurem arv humala taimi (joonis 11). Taimed kasvavad nii ümber puude kui ka maapinnal



Joonis 11. Kogumiskoht Rangi talumaadel



Joonis 12 . Halliste jõe ja Rangi kogumiskohtad mullastiku kaardil



Joonis 13. Liivaku ja Elva kogumiskohad mullastiku kaardil

Tabel 10. Kogumiskohtade mullastike kirjeldus (Maa-amet)

Kasvukoht	Mulla tüüp
Rangi	Leetunud mullad, kahkjad leetunud mullad
Halliste	Gleistunud lammimullad
Elva jõgi	Leetunud mullad
Liivaku	Leostunud ja leetjad gleimullad

3.1.2. Analüüsimetoodika

Analüüsiks kohandati õlletööstuses kasutatavat standardmetoodikat, mis võimaldab määrata α ja β mõruhapete sisalduse humalas spektrofotomeetriliselt. (Egts, 2012). Erinevalt standardmetoodikast milles lahustina kasutatakse tolueni kasutati ekstraktsioonil lahustina metanooli mis on vähem toksiline. Kõiki proove analüüsiti kahes korduses.

Kolm grammi kuivatatud humalakäbisid purustati kohviveskis. Seejärel mõõdeti 50 mL tuubi 1,25 g purustatud humalat, millele lisati 25mL metanooli. Metanooli ja humala segu loksutati 30 minutit ja lasti settida umbes 10 minutit. Saadud ekstraktist eraldati 1,5ml portsjonid mida tsentrifuugiti viis minutit kiirusel 5000 rpm. Tsentrifugimiseks kasutati Eppendorf MiniSpin lauatsentrifuugi. Saadud ekstraktist valmistati metanoolis 20x lahjendus. Spektrofotomeetri küveti mõõdeti 0,1 ml saadud lahust ja lisati sellele 2,4 ml aluselist metanooli (200 μ l 6M NaOH 100 ml metanoolis). Spektrofotomeetriga Shimadzu UV-1800 salvestati lahuste neelduvusspektrid lainepikkuste vahemikus 250 – 520 nanomeetrit.

Võrdluslahusena kasutati 0,1 ml metanooli 2,4 ml metanooli ja NaOH segu.

Arvutustes kasutati neelduvusi lainepikkustel 355, 325 ja 275 nanomeetrit. α ja β mõruhapete sisaldused arvutati kasutades järgmist valemit, (Egts jt, 2012)

$$\begin{aligned}C_{\alpha} &= -0.05156A_{355} + 0.07379A_{325} - 0.01907A_{275} \\C_{\beta} &= 0.0555A_{355} - 0.04759A_{325} + 0.00510A_{275}\end{aligned}\tag{1.1}$$

Kus

C_{α} - α mõruhapete sisaldus

C_{β} - β mõruhapete sisaldus

355 – β mõruhapete neeldumismaksimum

325 – α mõruhapete neeldumismaksimum

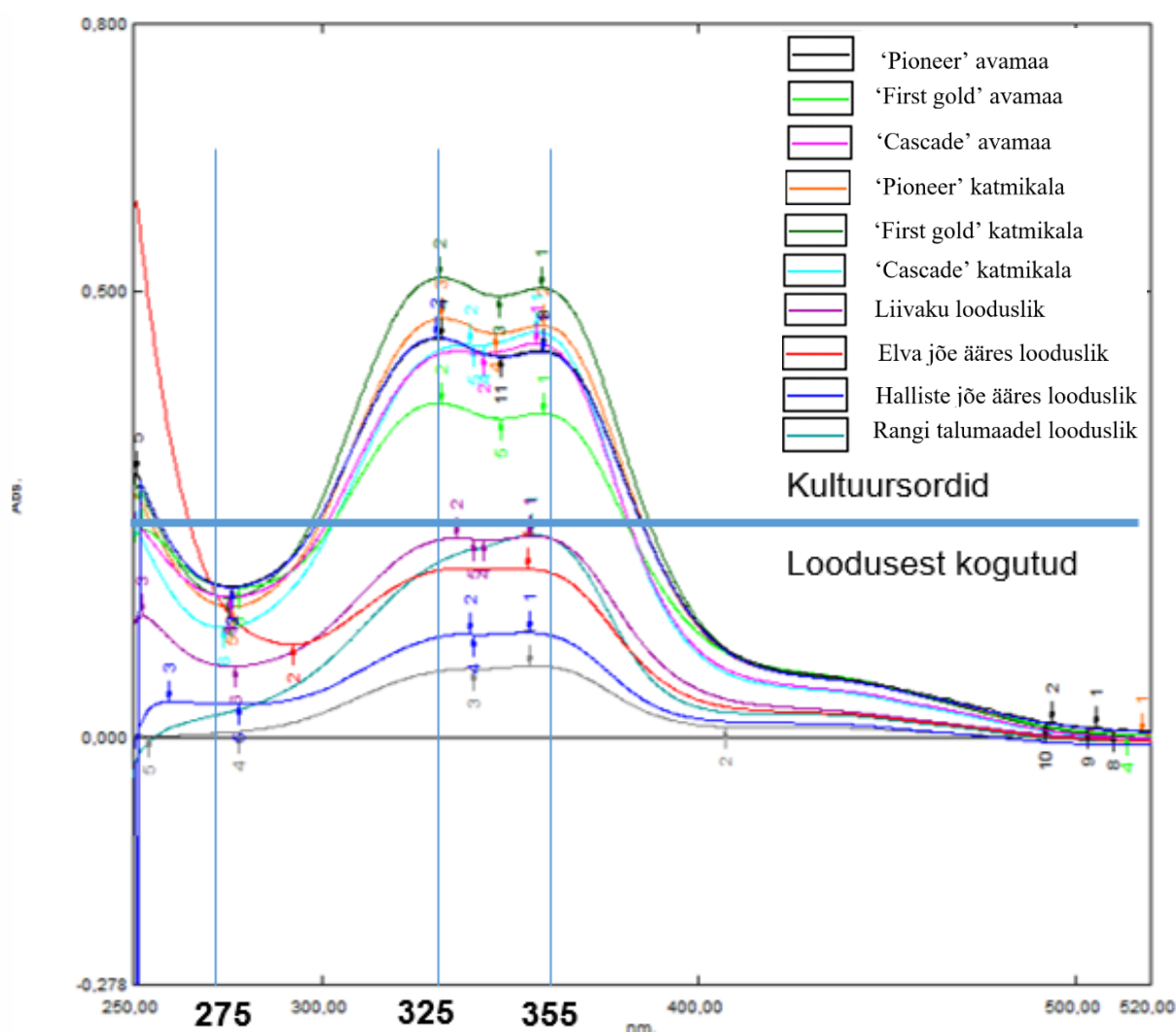
275 – α ja β mõruhapete ja kõrge jääkainete/laguneva osa neeldumismaksimum

α ja β mõruhapete sisalduse arvutamise järel korregeeriti saadud tulemused kaalutise ja kuivaine põhiselt. Analüüsitava materjali kuivainesisaldus määrati kuivatuskaaluga Precisa EM 120-HR temperatuuril 120° C.

Andmete statistiline analüüs viidi läbi tarkvaraprogrammiga R. Kasutati dispersioonanalüüsi kasvukoha ja sordi mõju hindamiseks α ja β mõruhapete sisaldusele.

3.1. Tulemused ja arutelu

Humala ekstraktide neeldumisspektrid näitavad nendes sisalduvate ühendite suhtelist sisaldust ja joonisel 14 toodud spektritelt on näha, et nii α mõruhapete kui β mõruhapete suhteline sisaldus oli kõrgem kultuursortides, seda nii katmikala kui avamaal.



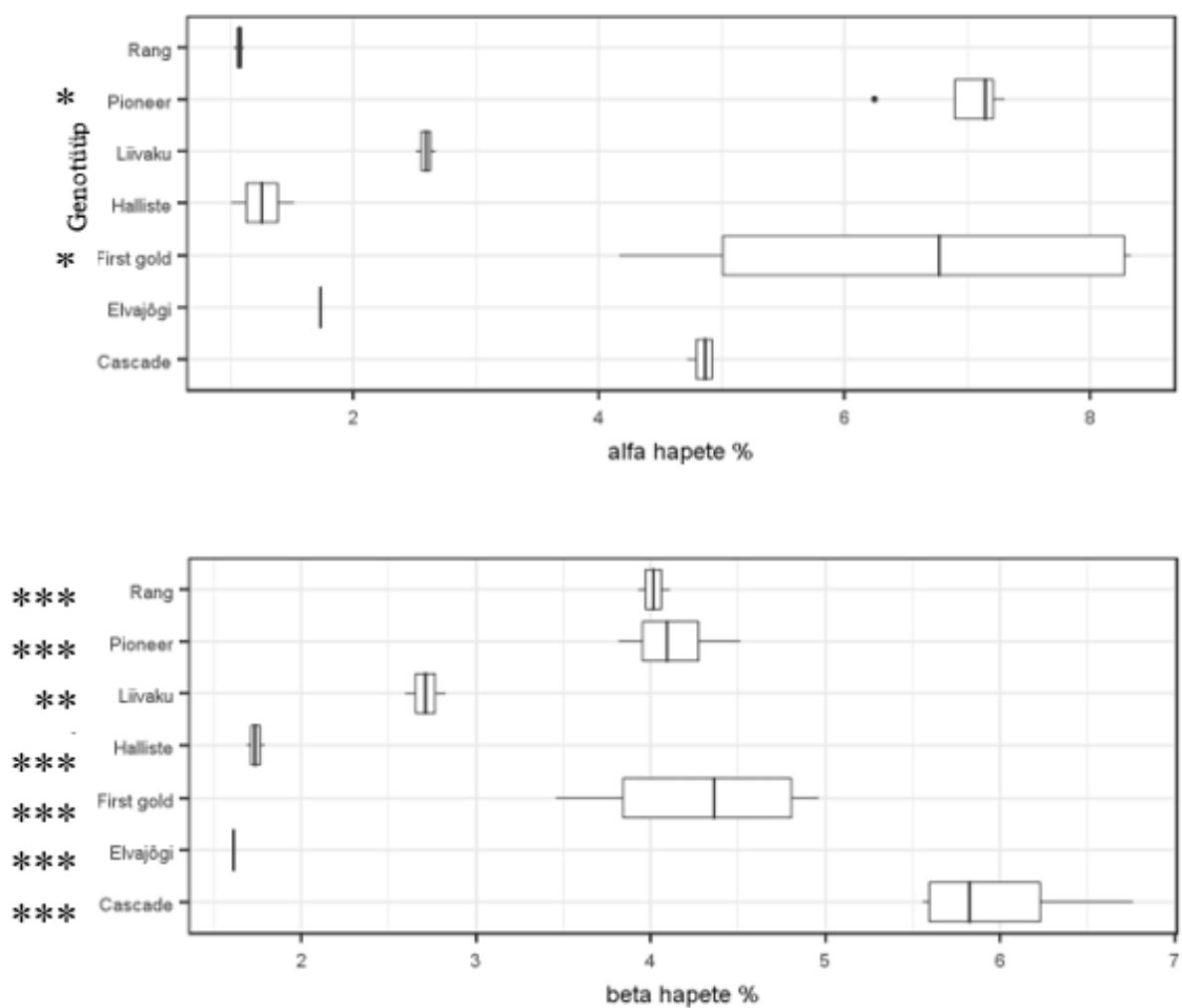
Joonis 14. Ekstraktide neeldumisspektrid.

Analüüsitud proovide kuivainesisaldus oli vahemikus 88,80–92,71% (tabel 11).

Tabel 11. Analüüsitud proovide kuivaine sisaldused %

Sort	Avamaa	Katmikala	Loodusest kogutud
'Cascade'	90,57	89,33	
'Pioneer'	92,71	91,15	
'First gold'	92,41	88,80	
Liivaku			91,60
Elva jõgi			91,60
Halliste jõgi			91,19
Rang			92,17

Genotüübi mõju uurimisel α ja β mõruhapete sisaldusele (joonis 15) ilmnes statistiliselt oluline mõju α mõruhapetele vaid sortide 'Pioneer' ja 'First gold' puhul.



Joonis 15. Genotüübi mõju α ja β mõruhapete sisaldusele. Tärnid tähistavad 95% tõenäosusnivool statistilist olulisust vastavalt *** 0, ** 0,001, * 0,05, • 0,1 ja ' '1.

α ja β mõruhapete sisalduses joonistub välja, et kultuursortide mõruhapete sisaldus on suurem, kui looduslikest kasvukohtadest kogutud käbides. 'Pioneer' genotüübi mõju tuleneb selle sordi kõrgemast α mõruhapete sisalduse võrreldes teiste genotüüpidega. 'Pioneer' α mõruhapete vahemik on 8–10%. Võrdluseks 'Cascade' 4,5–8,9% ja 'First gold' 5,6–9,3%. Seega tõepoolest on genotüübil α mõruhapete sisaldusele oluline mõju (tabelid 12, 13 ja 14).

Tabel 12. Katses analüüsitud sordi 'Cascade' α ja β mõruhapete sisalduse võrdlus tootja ja õllevalmistajate poolt esitatud andmetega

	Hoplist.com andmetel	Sertifitseeritud info	Katse tulemused
α mõruhapete %	4,5-8,9	6,6	4,7-4,9
β mõruhapete %	3,6-7,5		5,5-6,7

Tabel 13. Katses analüüsitud sordi 'Pioneer' α ja β mõruhapete sisalduse võrdlus tootja ja õllevalmistajate poolt esitatud andmetega

	Hoplist.com andmetel	Sertifitseeritud info	Katse tulemused
α mõruhapete %	8-10	10,64	6,2-7,2
β mõruhapete %	3,5-4		3,8-4,5

Tabel 14. Katses analüüsitud sordi 'First gold' α ja β mõruhapete sisalduse võrdlus tootja ja õllevalmistajate poolt esitatud andmetega

	Hoplist.com andmetel	Sertifitseeritud info	Katse tulemused
α mõruhapete %	5,6-9,3	7,97	4,1-8,3
β mõruhapete %	2,3-4,1		3,4-4,9

Looduslikest kasvukohtadest kogutud humalatest oli Liivaku humal kõige kõrgema α ja β mõruhapete sisaldusega. Liivaku kasvukohas on leostunud ja leetjad gleimullad. Pilsu metsas on gleistunud leetunud muld. Liivaku eraaias kasvava humala mõruhapete sisaldus oli kõrgeim, mistõttu selle võiks Eesti humalatest valida edaspidi istandiku tingimustes katsetamiseks, et selgitada kasvukoha ja agrotehniliste võtete mõju.

α ja β mõruhapete protsentuaalne sisaldus kuivaines on keskmiselt 1,7 ja 6,2% vahel (tabel 15 ja tabel 16).

Tabel 15. α mõruhapete sisaldus % kuivaines vastavalt kasvukohale

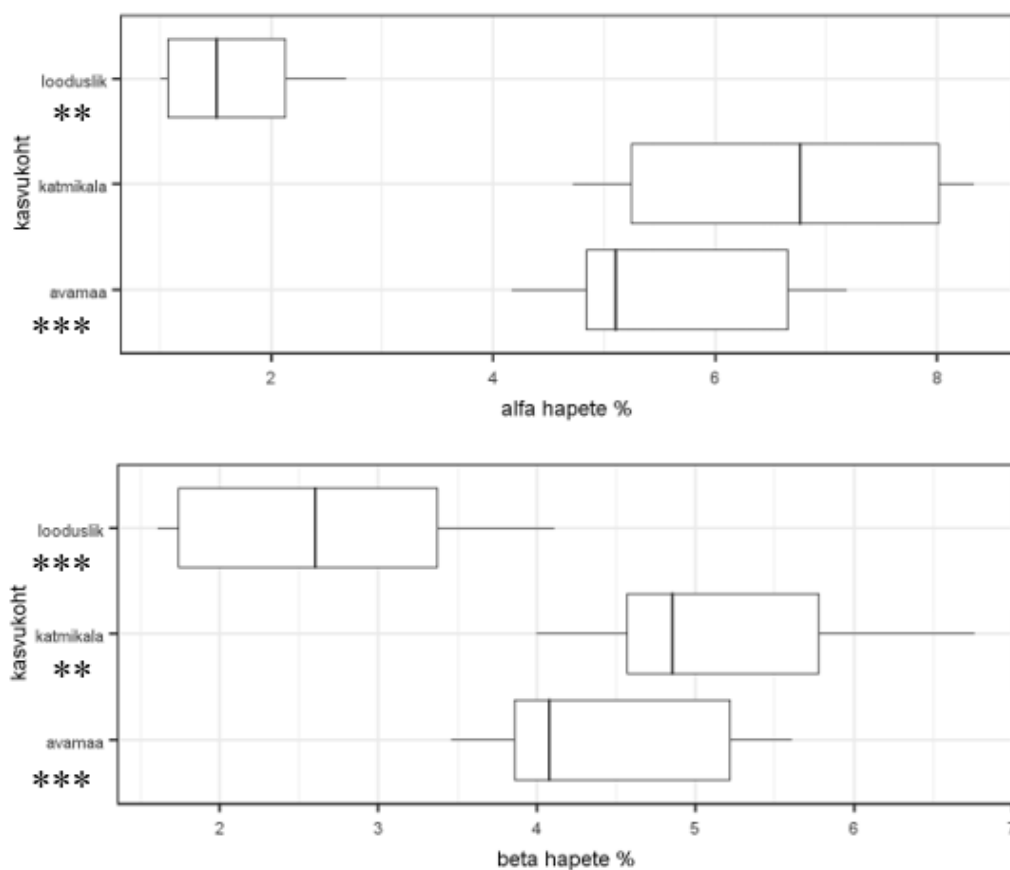
Kasvukoht	Keskmine \pm standardhälve	Mediaan
avamaa	5,5 \pm 1,2	6,76
katmikala	6,2 \pm 1,6	6,77
looduslik	1,7 \pm 0,7	1,51

Tabel 16. β mõruhapete sisaldus % kuivaines vastavalt kasvukohale

Kasvukoht	Keskmine \pm standardhälve	Mediaan
avamaa	4,4 \pm 1,03	4,08
katmikala	5,2 \pm 1,03	4,86
looduslik	2,7 \pm 1,04	2,60

Keskmine α ja β mõruhapete sisaldus on kõige madalam looduslikult kasvanud humala käbides. Seejärel avamaal ja kõige kõrgem on keskmine mõruhapete sisaldus katmikalal kasvanud humala käbides. Almaguer jt, 2014 järgi on humala kuivaines pehme vaigufraktsiooni osa 5–15%. Hopslis.com andmetel varieerub katses kasutatud sortide α mõruhapete sisaldus 4,5–10% vahel ja β mõruhapete sisaldus 2,3–7,5%. Ootuspäraselt võiks β mõruhapete sisaldus olla kõige madalam sordi 'First gold' puhul 2,3–4,1% Looduslikult kasvanud humala käbide mõruhapete sisaldus jääb võrreldes õlletööstuses oodatavale 5–15% oluliselt alla. Sellest tulenevalt ei pruugi loodusest kogutud humala käbid mõruhapete sisalduse poolest õlletööstuses kasutamiseks sobida.

Kõige suurem mõruhapete sisalduse mediaan on katmikalal, seejärel avamaal ning kõige madalam looduslikult kasvanud humala käbides (joonis 16). Kasvukoha mõjude tõlgendamisel tuleb arvestada genotüübi, mullastiku, kliima ja agrotehniliste võtetega.



Joonis 16. Kasvukoha mõju α ja β mõruhapete sisaldusele. Tärnid tähendavad 95% tõenäosusnivool statistilist olulisust vastavalt *** 0, ** 0,001, * 0,05, • 0,1 ja ' '1.

Avamaal ja katmikalal α ja β mõruhapete sisalduse võrdlemisel ilmneb sarnasusi (tabel 15).

Tabel 17. Mõruhapete sisalduse võrdlus avamaal ja katmikalal

Sort	Avamaa		Katmikala	
	α mõruhapped	β mõruhapped	α mõruhapped	β mõruhapped
'Cascade'	4,9	5,6	4,7	6,7
'Pioneer'	7,1	4,1	7,2	4,5
'First gold'	5,2	3,9	8,3	4,9

Avamaal ja katmikalal kasvatatud humalatel olid statistiliselt usutavad erinevused tulenevalt agrotehniliste võtete kasutamisest vastavalt Morton, 2013. Agrotehnilised võtted sisaldavad ka kahjurite ja haiguste tõrjet ning resistentsete sortide kasvatamist. 'Cascade' on resistentne jahukaste suhtes. Looduslikult kasvav humal on mõnede haiguste ja kahjurite vastu vastupidavam, kuid selle töö tulemuste põhjal ei väljendu see eelis α ja β mõruhapete

kõrgemas sisalduses. Looduslikult kasvava humala eeliseid on võimalik kasutada sordiaretuses. Edaspidist uurimist vajab loodusliku päritoluga humala taimede kasvatamine kasutades samu agrotehnilisi võtteid nagu rakendatakse humala kultuuride puhul.

KOKKUVÕTE

Uurimises kasutati Eestis neljas erinevas kasvukohas looduslikult kasvavate humalate käbisid. Võrdluseks kasutati kolme kultuursordi käbisid, mis pärinesid katmikalt, James Huttoni instituudist (Šotimaa) ja avamaalt Inglismaalt. Kõik humalate käbid koguti 2018. aastal. Analüüsiks kohandati õlletööstuses kasutatav standardmetoodika, mis võimaldab spektrofotomeetriliselt määrata α ja β mõruhapete sisalduse humala ekstraktides. Proove analüüsiti kahes korduses. Andmete statistiline dispersioonanalüüs viidi läbi statistilises tarkvaraprogrammis R. Analüüs viidi läbi kasvukoha ja sordi mõju leidmiseks α ja β mõruhapete sisaldusele.

Looduslikult kasvanud humala käbide puhul on α mõruhapete sisaldus β mõruhapet sisaldusest madalam. Loodusest kogutud humala käbides on α ja β mõruhapete sisalduse varieeruvus suurem kui kultuursortide humala käbides. Nii α kui β mõruhapped on keskmiselt kõige kõrgema sisaldusega katmikalt kasvanud humalakäbides. Seejärel avamaal kasvanud humala käbides ning kõige madalamad α ja β mõruhapete sisaldused on looduslikult kasvanud humala käbides.

Looduslikest kasvukohtadest kogutud materjalis oli Liivaku omas α mõruhapete sisaldus kõige suurem. Liivakul kasvab humal eraaias, kuid need on toodud sinna metsast üle kümne aasta tagasi. Liivaku humal kasvab sireli põõsas, ei ole toetatud nagu kultuurtaimede istanduses ja ei ole toetatud harvendus-, noorendus- või tagasilõikust. Samuti puudub seal lisaniisutus. Kasvukoha muutmisel võib olla humala α mõruhapete sisaldusele mõju. Kuid see väide vajab edasisi katseid. Selle väite kinnitamiseks või ümberlükkamiseks on vajalik looduslike taimede ümberistutamist toetussüsteemi, niisutuse ja agrotehniliste võtetega rakendatavasse istandusse.

Uurimistöö eesmärk oli selgitada, kas Eestis looduslikult kasvanud humal on sobilik õlle tootmiseks α ja β mõruhapete sisalduse poolest. Kuna mõruhapete sisaldus Eestis looduslikult kasvavas humalas on madal, ei pruugi see sobida õlletööstuses kasutamiseks. Kas Eesti loodusest kogutud humala kvaliteet vastab õlle tootjate ootustele? Kas ja milliseid kultuursorte võiks Eestis kasvatada? Eestis võiks kasvatada varajase valmimisega kultuursorte. Soovitus edaspidiseks uurimiseks on Eesti humala sortide aretamine

olemasolevast looduslikult kasvavast humalast. Looduslikul humalal on resistentsus ebajahukaste, jahukaste ja närbumistõve suhtes. Samuti on looduslik taim kohanenud külmaga ning võib eeldada, et on varajane. Hüpotees on, et kasvukoht ja genotüüp mõjutavad α ja β mõruhapete sisaldust humala käbides. Nii α kui β mõruhapped on keskmiselt kõige kõrgemad katmikalal kasvanud humalakäbidel. Seejärel avamaal kasvanud humala käbidel ning kõige madalam α ja β mõruhapete sisaldus on looduslikult kasvanud humalal ja loodusest kogutud genotüüpidel. α ja β mõruhapete sisaldus looduslikult kasvanud humala genotüüpidel ei ole samaväärne mõnede kultuursortidega, vaid on oluliselt madalam. Eestis tasub mõelda avamaal või katmikalal humala kasvatamisele.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Almaguer, C., Schönberger, C., Gastl, M., Arendt, E.K., Becker, T.** (2014). *Humulus lupulus* – a story that begs to be told. A review. – *Institute of Brewing and distilling*. 120:289–314.
- Beatson, R., Kenny, S., Pethybridge, S., Gent, D.** (2009). Hop production. – *The American phytopathological society*. Compendium of hop diseases and pests. p. 5– 8.
- Carter, P.R., Oelke, E.A., Kaminski, A.r., Hanson, C.V., Combs, S.M., Doll, J.D., Worf, G.L. Oplinger, E.S.** (1990). Hop: Alternative field crops manual. – *University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension, University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Product and the Minnesota Extension Service*.
- Costa, R., Negrao, R., Castela, A., Duarte, D., Guardo, L., Magalhaes, P.J., Rodrigues, J.A., Guimares, J.T., Gomes, P., Soares, R.** (2013). Xanthohumol modulates inflammation, oxidative stress, and angiogenesis in type 1 diabetic rat skin wound healing. – *Journal of natural products*. 76(11):2047–53.
- Crawford, J.M.** (1888). Kalevala. Rune XX. The brewing of beer.
- De Keukeleire, D.** (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*. vol.23, n.1, pp.108–112.
- De keukeleire, D., Heyerick, A.** (2005). Prenylflavonoids account for intriguing biological activities of hops. – *Acta Horticulturae*. 668:175– 190.
- DeLyser, D.Y., Kasper, W.J.** (1994). Hopped beer: The case for cultivation. – *Economic Botany* 48:166–70.
- Edwardson, J.R.** (1952) Hops: their botany, history, production and utilization. – *Economic botany*. Vol. 6. no2. pp. 160–175
- Eastwell, K., Sano, T.** (2009). Hop stunt. – *The American phytopathological society*. Compendium of hop diseases and pests.
- Eastwell, K., Pethybridge, S.J., Wilson, C.** (2009). American hop latent virus, hop latent virus, and hop mosaic virus. – *The American phytopathological society*. Food and agricultural commodities production.
- Egts, H., Durben, D.J., Dixon, J.A., Zehfus, M.H.** (2012). A multicomponent UV analysis of α and β acids in hops. – *Journal of Chemical education*. Vol. 9. 117–120.
- Edwardson, J. R.** (2019). Hops: their botany, history, production and utilization. – *Economic Botany*. Vol. 6, No.2, pp. 160–175.
- Garibaldi, A., Turner, N.** (2004). Cultural Keystone species: implications for ecological conservation and restoration. – *Ecology and Society* 9(3):1.
- Gent, D.** (2009). Pest management, crop loss, and IPM. – *USDA Agricultural research service via hop growers of America*. Field guide for integrated pest management in hops.

- Gent, D.H., James, D., Wright, L., Brooks, D., Barbour, J., Dreves, A., Fisher, G., Walton, V.** (2009). Effects of powdery mildew fungicide programs on two-spotted spider mit (Acari:tetranychidae), hop aphid (Hemiptera:Aphididae), and their natural enemies in hop yards. – *Journal of Economic Entomology*. 102:274–286.
- Gingrich, G., Hart, J., Christensen, N.** (2000). Hops. – *Oregon State University*, the U.S. Department of Agriculture
- Gledhill, D.** (2002). *The names of plants, Third edition*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Grasswitz, T., James, D.** (2009). Influence of hop yard ground flora on invertebrate pests of hops and their natural enemies. – *Journal of applied entomology*. 133:210–221.
- Hampton, R., Small, E., Haunold, A.** (2001). Habitat variability of *Humulus lupulus* var. *Lupuloides* in upper midwestern North America: A critical source of American hop germplasm. – *Journal of the Torrey Botanical Society*. 128:35–46.
- Haunold, A., Nickerson, G.B., Gampert, U., Whitney, P.A., Hampton, R.O.** (1993). Agronomic and quality characteristics of native North American hops. – *American Society of Brewing*. Chemists 51, 133–137.
- Hieronymus, S.** (2012). For the love of hops: The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops. – *Brewers Publications*.
- Hough, J. S., Briggs, D. E., Stevens, R., Young, T. W.** (2012). Malting and brewing science. – In Volume II hopped wort and beer. *Springer*.
- James, D., Barbour, J.** (2009). Two-spotted spider mite. – *The American phytopathological society*. p.67–69.
- Johnson, D., Engelhard, B., Gent, D.** (2009). Downy mildew. – *The American phytopathological society*. 18–22.
- Juanez, J.C.** (2012). Hops (*Humulus lupulus* L.) and Beer: Benefits on the Sleep. – *Journal of sleep disorder and therapy*. Vol 1:1.
- Karabin, M., Hudcova, T., Jelinek, Lk. Dostalek, P.** (2015). Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. – *Biotechnology advances*. 33(6 Pt 2):1063–90.
- Keast, R. S., Breslin, P. A.** (2003). An overview of binary taste–taste interactions. – *Food Quality and Preference*, 14(2), 111–124.
- Koetter, U., Biendl, M.** (2010). Hops (*Humulus lupulus*): A review of its historic and medicinal uses. – *HerbalGram*. 87. 44–57.
- Koetter, U., Schrader, E., Käufeler, R., Brattström, A.** (2007). A randomized, double blind, placebo-controlled, prospective clinical study to demonstrante clinical efficacy of a fixed valerian hop extract combination (Ze 91019) in patients suffering from non-organic sleep disorder. – *Phytotherapy research*. 21.847–851.

- Krofta, K.** (2003). Comparison of quality parameters of Czech and foreign hop varieties. – *Plant soil environment* 49, (6): 261–268.
- Linnaeus, C.** (1753). *Species Plantarum, Volume 2*. Impensis laurentii Salvii, Stockholm.
- Mahaffee, W., Pethybridge, S.** (2009). The genus humulus. – Mahaffee, Compendium of hop diseases and pests. *The American phytopathological Society*.
- McBurney, D. H.** (1976). Temporal properties of the human taste system. – *Sensory Processes*, 1(2), 150–162.
- McGovern, E. Hall, G.R., Mirzoian, A.** (2013). A biomolecular archaeological approach to 'Nordic grog'. – *Danish Journal of Archaeology*. 2(2), 112–131.
- McLaughlin, I. R., Lederer, C., Shellhammer, T. H.** (2008). Bitterness-modifying properties of hop polyphenols extracted from spent hop material. – *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 66(3), 174–183.
- McPartland, M.J.** (2018). Cannabis systematics at the levels of family, genus, and species. – *Cannabis and cannabinoid research*. Vol. 3.1.
- Moir, M.** (2000). Hops - a millennium review. – *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 58:4, 131–146.
- Mongelli, A., Rodolfi, M., Ganino, T., Marieschi, M., Dall'Asta, C., Bruni, R.** (2015). Italian hop germplasm: Characterization of wild *Humulus lupulus* L. genotypes from Northern Italy by means of phytochemical, morphological traits and multivariate data analysis. – *Industrial Crop and products*. 70. 16–27.
- Morton, R.G.** (2013). Nova scotia hop grower guide. – *Morton Horticultural Associates*.
- Morton, L. W., Gent, D., Gleason, M.** (2017). Climate, Weather and Hops. Sociology Technical Report 1045. Department of Sociology, *Iowa State University*, Ames, Iowa. 24 pp.
- Mozny, M., Tolasz, R., Nekovar, J., Sparks, T., Trnka, M., Zalud, Z.** (2009). The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. – *Agricultural and Forest Meteorology*. 149:913–919.
- Mätlik, A.** (1943). Humalad ja humalakasvatus. Tallinn: Agronoom, 66 lk.
- Noble, R., Roberts, S.J.** (2004). Eradication of plant pathogens and nematodes during composting: A review. – *Plant pathology*. 53:548–568.
- Oladokun, O., James, S., Cowley, T., Dehrmann, F., Smart, K., Hort, J., Cook, D.** (2017). Perceived bitterness character of beer in relation to hop variety and the impact of hop aroma. – *Food Chemistry*. 230. 215–224.
- Oladokun, O., Smart, K., Cook, D.** (2016). An improved HPLC method for single-run analysis of the spectrum of hop bittering compounds usually encountered in beers. – *Journal of the Institute of Brewing*, 122(1), 11–20.

- Oladokun, O., Tarrega, A., James, S., Smart, K., Hort, J., Cook, D.** (2016). The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. – *Food Chemistry*, 205, 212–220.
- Olanca, B., Ozay, D.S.** (2015) Effects of natural protease inhibitors on high protease activity flours. – *Journal of cereal science* 65. 290–297.
- Olšovska, J., Bostikova, V., Dusek, M., Jandovska, V., Bogdanova, K., Cermak, P., Bostik, P., Mikyska, A., Kolar, M.** (2016). HUMULUS LUPULUS L. (HOPS) – A valuable source of compounds with bioactive effects for future therapies. – *Military Medical Science Letters*. Vol. 85 (1), p.19–30.
- Pethybridge, S., Wilson, C., Hay, F., Legett, G., Sherriff, L.** (2002). Effect of viruses on agronomic and brewing characteristics of four hop (*humulus lupulus*) cultivars in Australia. – *Annals of applied biology*. 140:97–105.
- Pethybridge, S., Hay, F., Barbara, D., Eastwell, K., Wilson, C.** (2008). Viruses and viroids infecting hop: significance, epidemiology, and management. *Plant disease*. 92:324–338.
- Possimiers, S., Heyerick, A., Robbens, V., De Keukeleire, D., Verstraete, W.** (2005). Activation of proestrogens from hops (*Humulus lupulus* L.) by intestinal microbiota; conversion of isoxanthohumol into 8-prenylnaringenin. – *Journal of agricultural and food chemistry*. 53(16):6281–8
- Raal, A.** (2010). Farmakognoosia. Tartu Ülikooli kirjastus.
- Raal, A., Sarv, M., Vilbaste, K.** (2018). Eesti ravimtaimed. Kirjastus Varrak, Tallinn.
- Seigner, E., Lutz, A., Radic-Miehle, H., Seefelder, S.** (2005). Breeding for powdery mildew resistance in hop (*Humulus* l.). – *Acta Hort.* 668:19–27.
- Sierksma, A., Sarkola, T., Eriksson, C.J.P., van der Haag, M.S., Grobbee, D.E., Hendriks, H.F.J.** (2004). Effect of Moderate Alcohol Consumption on Plasma Dehydroepiandrosterone Sulfate, Testosterone, and Estradiol Levels in Middle-Aged Men and Postmenopausal Women: A Diet-Controlled Intervention Study. – *Alcohol clinical an experimental research*. Vol 28. No5.
- Sirrine, R.** (2014). Growing hops. – *Michigan State University*
- Small, E.** (1978). A numerical and nomenclatural analysis of morpho-geographic taxa of *Humulus*. – *Systematic Botany*. 3:37–76.
- Small, E.** (1980). The relationship of hop cultivars and wild variants of *Humulus lupulus*. – *Canadian journal of botany*. 58(6):676–686.
- Sullivan, D., Hart, J., Christensen, N.** (1999). Nitrogen uptake and utilization. Pacific Northwest extension. – *Oregon state University*. p 10.
- Townsend, M. S., Henning J. A.** (2009) Ancestry and genetic variation in hop development. – *Hop flavor and aroma*, 91–8. Master Brewers Association of the Americas, Proceedings of the First International Brewing Symposium.

Zanoli, P., Zavatti, M., (2008). Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. – *J. Ethnopharmacol.* 116, 383–396.

The Barth report. (2018) Hops 2017/2018. – Barth-Haas Group. Nuremberg, Germany.

Weihrauch, F. (2009). Damson-hop aphid. The American phytopathological society. Compendium of hop diseases and pests. P.60–62.

Wilson, D.G. (1975). Plant remains from the Graveney Boat and the early history of *Humulus Lupulus* L. in W.Europe. – *New phytologist* 75:625–648.

LISAD

Lisa 1. Kalevala Ruun XX The brewing of beer

Kalevala Rune XX

Louhi, hostess of Pohyola,
Hastens to the hall and court-room,
In the centre speaks as follows:
"Whence indeed will come the liquor,
Who will brew me beer from barley,
Who will make the mead abundant,
For the people of the Northland,
Coming to my daughter's marriage,
To her drinking-feast and nuptials?
Cannot comprehend the malting,
Never have I learned the secret,
Nor the origin of brewing."
Spake an old man from his corner:
"Beer arises from the barley,
Comes from barley, hops, and water,
And the fire gives no assistance.
Hop-vine was the son of Remu,
Small the seed in earth was planted,
Cultivated in the loose soil,
Scattered like the evil serpents
On the brink of Kalew-waters,
On the Osmo-fields and borders.
There the young plant grew and flourished,
There arose the climbing hop-vine,
Clinging to the rocks and alders.

"Man of good-luck sowed the barley
On the Osmo hills and lowlands,

And the barley grew and flourished,
Grew and spread in rich abundance,
Fed upon the air and water,
On the Osmo plains and highlands,
On the fields of Kalew-heroes.

"Time had travelled little distance,
Ere the hops in trees were humming,
Barley in the fields was singing,
And from Kalew's well the water,
This the language of the trio:
'Let us join our triple forces,
Join to each the other's powers;
Sad alone to live and struggle,
Little use in working singly,
Better we should toil together.'

"Osmotar, the beer-preparer,
Brewer of the drink refreshing,
Takes the golden grains of barley,
Taking six of barley-kernels,
Taking seven tips of hop-fruit,
Filling seven cups with water,
On the fire she sets the caldron,
Boils the barley, hops, and water,
Lets them steep, and seethe, and bubble
Brewing thus the beer delicious,
In the hottest days of summer,
On the foggy promontory,
On the island forest-covered;
Poured it into birch-wood barrels,
Into hogsheads made of oak-wood.

"Thus did Osmotar of Kalew

Brew together hops and barley,
Could not generate the ferment.
Thinking long and long debating,
Thus she spake in troubled accents:
'What will bring the effervescence,
Who will add the needed factor,
That the beer may foam and sparkle,
May ferment and be delightful?'

Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Linda Ajaots,

(*autori nimi*)

sünniaeg 08.03.1990

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Alfa ja beeta mõrhapete sisaldus looduslikult kasvavas humalas ja humala kultuursortides

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on Hedi Kaldamäe ja Ave Kikas,

(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Linda Ajaots

(*allkiri*)

Tartu, 27.05.2019

(*kuupäev*)

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

AVE KIKAS A. Kikas 27.05.2019

(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)

HEDI KALDMÄE H. Kaldamäe 27.05.2019

(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)